



Marko Giacomelli, Gregor Omahen

Poročilo o obsevanosti prebivalcev  
Slovenije v letu 2018

Marko Giacomelli, Gregor Omahen

# Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2018



ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.

Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

© 2019 ZVD d.o.o.

Poročilo vsebuje skupaj 134 strani ter ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.

Izdal: ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.O.O., LJUBLJANA, marec 2019

Slika na naslovnici: Terenske meritve, Mangartsko sedlo, © Marko Giacomelli

Slika na zadnji strani: Žar, Ljubljana, © Marko Giacomelli

marko.giacomelli@zvd.si

---

ZVD zavod za varstvo pri delu d.o.o.

Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, Slovenija

T: +386 (0)1 585 51 00; F: +386 (0)1 585 51 01; E: info@zvd.si; W: www.zvd.si

ID št. za DDV: SI21282692; Matična št.: 5055580

Vpis družbe: Okrožno sodišče v Ljubljani, vložna št.: 10024700



<b>Naslov poročila:</b>	Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2018
<b>Izdelovalec:</b>	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o., Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov, Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje
<b>Številka poročila:</b>	LMSAR-20190005-MG
<b>Datum poročila:</b>	31.03.2019
<b>Naročnik:</b>	Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ajdovščina 4, 1000 Ljubljana
<b>Številka pogodbe:</b>	C2717-18-232017
<b>Skrbnika pogodbe:</b>	dr. Tomaž Šutej (URSVS), dr. Gregor Omahen (ZVD)
<b>Program:</b>	Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije v letu 2018 Radioactivity in the living environment of Slovenia in the year 2018
<b>Izvajalca programa:</b>	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o. in Institut "Jožef Stefan"
<b>Koordinatorja:</b>	dr. Gregor OMAHEN, univ.dipl.fiz. (ZVD) dr. Benjamin Zorko (IJS)
<b>Poslano:</b>	naročnik (6 tiskanih izvodov, digitalna verzija) in arhiv ZVD (2 izvoda)

**Poročilo pripravil:** dr. MARKO GIACOMELLI, univ.dipl.fiz.

**Pregledal in odobril:** dr. GREGOR OMAHEN, univ.dipl.fiz.





## Povzetek / Abstract


V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehranske verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za okolje in prostor, smo izdelali oceno doz prebivalstva zaradi izpostavljenosti dolgoživim umetnim radionuklidom (naravni so izzeti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspanzijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2018 za dojenčke  $9,0 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 11,0 \mu\text{Sv}$ , za otroke od 7 do 12 let  $7,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 8,0 \mu\text{Sv}$  in za odrasle  $6,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 6,8 \mu\text{Sv}$ . Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

In the present report the collected results of radioactivity measurements for manmade and natural radionuclides in the biosphere and in the particular elements of the food chain are analyzed and commented. Radioactivity of the environment is a consequence of the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl and Fukushima accidents. The contribution of the Fukushima accident in Slovenia is negligible. Based on the results of radioactivity measurement performed within the frameworks of various monitoring performed under the auspices of Ministry of Health and Ministry of Agriculture and the Environment we have assessed the doses to members of the public due to exposure to long-lived anthropogenic radionuclides (natural excluded). We have estimated doses for important exposure pathways. Dose estimates for infants, children for 7 up to 12 years and adults for manmade radionuclides in the year 2018 are  $9,0 \mu\text{Sv}$  or  $< 11,0 \mu\text{Sv}$ ,  $7,1 \mu\text{Sv}$  or  $< 8,0 \mu\text{Sv}$  and  $6,1 \mu\text{Sv}$  or  $< 6,8 \mu\text{Sv}$ , respectively. These values represent approximately 1 % of the annual dose limit for the long term exposure of the individuals from the population, exposed to the man made sources of ionizing radiation.

**Ključne besede / Keywords**

radioaktivno onesnaženje okolja, umetni in naravni radionuklidi, specifična aktivnost radionuklidov, reke, vodovodi, suhi in mokri used, zrak, aerosoli, zemlja, hrana, ingestija, doze zunanlega sevanja, ocena učinkovitih doz

radioactive contamination of the environment, artificial and natural radionuclides, specific activity, rivers, tap water, dry and wet deposition, air, aerosols, soil, food, ingestion, external dose, effective dose assessments



# Kazalo

	<b>Povzetek / Abstract</b> .....	<b>5</b>
	<b>Ključne besede / Keywords</b> .....	<b>6</b>
<b>1</b>	<b>Uvod</b> .....	<b>17</b>
1.1	Zakonodajne podlage .....	17
1.2	Okvirni program meritev .....	17
1.3	Obseg poročila .....	18
<b>2</b>	<b>Program in metodologija meritev</b> .....	<b>19</b>
2.1	Vrste meritev .....	19
2.2	Lokacije vzorčenja .....	22
2.3	Metodologija meritev .....	22
2.4	Akreditirane meritve .....	23
2.4.1	Originalna poročila z meritvami .....	23
2.5	Izračuni specifičnih aktivnosti .....	23
<b>3</b>	<b>Okoljski monitoring</b> .....	<b>25</b>
3.1	Zrak .....	25
3.1.1	Vzorčenje in rezultati meritev .....	25
3.1.2	Sezonske variacije Cs-137 .....	25
3.1.3	Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137 .....	32
3.1.4	Sezonske variacije Be-7 in Pb-210 .....	32
3.1.5	Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210 .....	36
3.2	Padavine .....	41
3.2.1	Vzorčenje in rezultati meritev .....	41



3.2.2	Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90	41
3.2.3	Specifična aktivnost H-3	47
3.2.4	Specifična aktivnost kozmogenega Be-7	48
<b>3.3</b>	<b>Tekoče vode</b>	<b>52</b>
3.3.1	Vzorčenje in rezultati meritev	52
3.3.2	Dolgoročni trendi	52
<b>3.4</b>	<b>Zemlja</b>	<b>55</b>
3.4.1	Vzorčenje in rezultati meritev	55
3.4.2	Dolgoročni trendi	55
<b>4</b>	<b>Zunanje sevanje</b>	<b>63</b>
<b>4.1</b>	<b>Lokacije meritev</b>	<b>63</b>
<b>4.2</b>	<b>Rezultati meritev</b>	<b>63</b>
<b>4.3</b>	<b>Dolgoročni trend doz</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>Monitoring pitne vode, hrane in krme</b>	<b>69</b>
<b>5.1</b>	<b>Pitna voda</b>	<b>69</b>
<b>5.2</b>	<b>Hrana</b>	<b>72</b>
5.2.1	Mleko	72
5.2.2	Živila živalskega izvora	78
5.2.3	Žitarice, moka, kruh	78
5.2.4	Sadje	79
5.2.5	Zelenjava	80
5.2.6	Otroška hrana	81
<b>5.3</b>	<b>Krmila</b>	<b>81</b>
<b>5.4</b>	<b>Lesna kuriva</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>Ocena prejetih doz sevanja</b>	<b>85</b>
<b>6.1</b>	<b>Osnovne enačbe</b>	<b>85</b>
<b>6.2</b>	<b>Uporabljeni podatki in predpostavke</b>	<b>87</b>
6.2.1	Umetni radionuklidi	87
6.2.2	Naravni radionuklidi	87
6.2.3	Starostne skupine	87
6.2.4	Prehranjevalne predpostavke	87
6.2.5	Privzete specifične aktivnosti	88
<b>6.3</b>	<b>Doza zaradi ingestije in inhalacije</b>	<b>89</b>
<b>6.4</b>	<b>Doza zaradi zunanjega sevanja</b>	<b>92</b>
<b>6.5</b>	<b>Skupna ocena doze</b>	<b>95</b>
<b>7</b>	<b>Zaključki</b>	<b>99</b>
<b>7.1</b>	<b>Ugotovitve</b>	<b>99</b>
<b>7.2</b>	<b>Priporočila</b>	<b>99</b>

<b>Literatura</b> .....	<b>101</b>
<b>A Rezultati meritev</b> .....	<b>107</b>
<b>A.1 Pojasnila k tabelam</b>	<b>107</b>
A.1.1 Zapisi meritev ZVD .....	107
A.1.2 Zapisi meritev IJS .....	107
<b>A.2 Zrak</b>	<b>109</b>
<b>A.3 Padavine</b>	<b>112</b>
<b>A.4 Tekoče vode</b>	<b>115</b>
<b>A.5 Zemlja</b>	<b>120</b>
<b>A.6 Morje - voda in sedimenti</b>	<b>123</b>
<b>A.7 Zunanje sevanje</b>	<b>124</b>
<b>A.8 Pitna voda</b>	<b>125</b>
<b>A.9 Hrana</b>	<b>127</b>
<b>A.10 Krmila</b>	<b>134</b>
<b>A.11 Lesna kuriva</b>	<b>135</b>





## Slike

3.1	Lokacije vzorčenja vzorcev zraka. . . . .	26
3.2	Različni viri prašnih delcev PM <sub>10</sub> (za leto 2011). . . . .	27
3.3	Temperaturna korelacija prašnih delcev PM <sub>10</sub> med kurilno sezono na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin. . . . .	29
3.4	Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM <sub>10</sub> oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana. . . . .	30
3.5	Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM <sub>10</sub> oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana. . . . .	30
3.6	Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma biomasa in gorljivi odpadki (EUROSTAT). . . . .	31
3.7	Končna poraba energije lesnih kuriv v gospodinjstvih izračunana s pomočjo modela rabe energije v gospodinjstvih (IJS-CEU). . . . .	31
3.8	Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje . . . . .	32
3.9	S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz); slika: ESA/ATG medialab. . . . .	33
3.10	Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah. . . . .	34
3.11	Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2018 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja. . . . .	35
3.12	Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja). . . . .	36
3.13	V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere. . . . .	37
3.14	Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter; slika: NASA. . . . .	38
3.15	Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje zadnjih 13 mesecev. . . . .	38

3.16	Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje. . . . .	39
3.17	Antikorelacija sončevega cikla z mesečnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 2000 dalje z delnim upoštevanjem izpiranja zaradi padavin. . . . .	40
3.18	Lokacije vzorčenja vzorcev padavin. . . . .	42
3.19	Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji) . . . . .	44
3.20	Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2010 dalje na posamičnih lokacijah: Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota in Bovec. . . . .	45
3.21	Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje. . . . .	46
3.22	Povprečne letne specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje. . . . .	47
3.23	Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje. . . . .	49
3.24	Korelacija skupnega letnega useda, povprečnega mesečnega useda in specifičnega letnega ter specifičnega mesečnega useda Be-7 s sončevim ciklom od leta 1996 dalje. . . . .	50
3.25	Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2018). . . . .	51
3.26	Lokacije vzorčenja tekočih vod. . . . .	53
3.27	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v reki Savi (povprečje lokacij Ljubljana in Brežice) in Dravi od leta 2002 dalje. . . . .	54
3.28	Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje. . . . .	56
3.29	Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji . . . . .	57
3.30	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje. . . . .	58
3.31	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje. . . . .	60
3.32	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje. . . . .	61
4.1	Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanjega sevanja. . . . .	64
4.2	Energijska odvisnost razmerja okoliškega ekvivalentna doze, $H * (10)$ , in ftonskega doznega ekvivalenta, $Hx$ . . . . .	66
4.3	Doza zaradi zunanjega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje. . . . .	66
5.1	Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode. . . . .	70
5.2	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Sr-90 in H-3 v pitni vodi od leta 2009 dalje (povprečje vseh vzeti vzorcev). . . . .	71
5.3	Lokacije vzorčenja vzorcev živil. . . . .	73
5.4	Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2018. . . . .	74
5.5	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice. . . . .	75
5.6	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobotice. . . . .	76
5.7	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje. . . . .	77

5.8	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v živilih živalskega izvora od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev razen medu in divjačine). . . . .	78
5.9	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev). . . . .	79
5.10	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sadju od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev). . . . .	80
5.11	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v zelenjavi od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev brez gob). . . . .	81
5.12	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev). . . . .	82
5.13	Lokacije vzorčenja vzorcev krme. . . . .	83
5.14	Lokacije vzorčenja ali lokacija izvora vzorcev lesnih kuriv. . . . .	84
6.1	Shematski prikaz prenosnih poti za notranje in zunanje obsevanje. . . . .	86
6.2	Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad. . . . .	88
6.3	Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko).93	
6.4	Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko) . . . . .	94
6.5	Predvidena efektivna doza $H_E$ zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje . . . . .	97



Tabelle 18 — Schutzschichtdicken bei verschiedenen Baustoffen

Dicke der Schutzschicht Blei	Schutzschichtdicken in mm bei max. RÖHRTGERÄTSPANNUNGEN IN													
	50	80	100	150	200	250 <sup>a)</sup>	und FILTERUNG von				0,5 mm Cu			
mm	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al	2,5 mm Al
0,2	1,1	1,2	1,2	2,4	3,2	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	2,4	2,4	2,4	5,2	6,0	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—
0,6	3,6	3,9	4,0	8,0	9,2	9,4	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	5,2	5,2	5,2	11	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	6,5	6,5	6,4	14	16	16	—	—	—	—	—	—	—	—
1,2	—	—	8,0	17	19	18	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	—	—	9,2	20	23	21	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	—	—	10	23	26	23	—	—	—	—	—	—	—	—
1,8	—	—	12	26	29	26	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	—	—	13	28	32	29	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	15	10	4,0	7,3	9,0	10	—	—	—	—	—	—	—	—
1	31	20	8,6	15	19	19	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	17	33	38	37	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	24	51	57	53	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	30	67	74	68	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	44	100	105	96	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	57	130	135	120	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	70	155	170	145	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	82	195	195	170	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	190	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	220	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	240	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,2	20	19	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	—	38	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Tabele**

Baustoffe: Dichte  
Eisen:  $\rho = 7,9 \text{ g cm}^{-3}$   
Barytblei:  $\rho = 3,2 \text{ g cm}^{-3}$   
Flotglas:  $\rho = 2,5 \text{ g cm}^{-3}$

2.1 Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2018 . . . . . 19

2.2 Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide . . . 24

3.1 Povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij) . . . . . 41

3.2 Najvišje izmerjene,  $A_{max}$ , in povprečne koncentracije,  $\bar{A}$ , radionuklidov v vzorcih tekočih vod . . . . . 52

4.1 Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami . . . . . 65

6.1 Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine . . . . . 88

6.2 Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2018 . . . . . 89

6.3 Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2018. . . . . 90

6.4 Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2018. . . . . 91

6.5 Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanega sevanja . . . . . 92

6.6 Ocenjene doze zaradi zunanega obsevanja odraslih prebivalcev v preteklih letih 95

6.7 Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2018 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi . . . . . 96

A.1 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Murska Sobota . . 109

A.2 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja . . . . . 110

A.3 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana . . . . . 111

A.4 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana . . . . 112

A.5 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana . . . . 113

A.6 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto . . 113

A.7 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota . 114

A.8 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec . . . . . 114

A.9 Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze . . . . . 115



A.10	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja . . . . .	116
A.11	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča . . . . .	116
A.12	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka . . . . .	117
A.13	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice . . . . .	117
A.14	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa . . . . .	118
A.15	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava . . . . .	118
A.16	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura . . . . .	119
A.17	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana . . . . .	120
A.18	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana . . . . .	121
A.19	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid . . . . .	122
A.20	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota .	122
A.21	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov . . . . .	123
A.22	Izmerjene vrednosti zunanjšega sevanja s TL dozimetri . . . . .	124
A.23	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode . . . . .	125
A.24	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode . . . . .	126
A.25	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana . . . . .	127
A.26	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid . . . . .	127
A.27	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica . . . . .	128
A.28	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota . . . . .	128
A.29	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora . . . . .	129
A.30	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric . . . . .	130
A.31	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja . . . . .	131
A.32	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave . . . . .	132
A.33	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane . . . . .	133
A.34	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme . . . . .	134
A.35	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih lesa in lesnih kuriv . . . . .	135

# 1 — Uvod

## 1.1 Zakonodajne podlage

Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV) [1] ureja varstvo pred ionizirajočimi sevanji z namenom zmanjšanja škode za zdravje ljudi in radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja zaradi uporabe virov ionizirajočih sevanj do najmanjše možne mere tako, da se hkrati mogoči uporaba virov sevanj in izvajanje sevalnih dejavnosti. V 158. členu ZVISJV so podane zahteve za spremljanje stanja radioaktivnosti okolja, na podlagi katerih se izvajajo meritve v okolju, ki jih podrobneje ureja Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) [2]. V 35. členu ZVISJV so podane zahteve za mejne doze za prebivalstvo, ki jih podrobneje razčlenjujeta Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5) [3] in Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2) [4]. V 63. členu ZVISJV so podane zahteve za izdelavo poročila o ocenah prejetih doz za prebivalstvo, ki temelji na prej omenjenih pravilnikih in uredbi.

V pravilniku JV10 so navedene metode vzorčenja in merilne metode ter program meritev, ki upošteva vse pomembne načine izpostavljenosti prebivalstva ionizirajočim sevanjem, prenosne poti razširjanja radioaktivnosti in radionuklide, ki pomembno prispevajo k efektivni dozi.

## 1.2 Okvirni program meritev

Program zajema merjenje zunanjega sevanja, merjenje radioaktivne kontaminacije zraka, vode in tal, merjenje radioaktivne kontaminacije živil, kmetijskih proizvodov, hrane in krme.

V celotnem programu so zajeti vzorci vzorčeni na različne načine, in sicer:

- enkratni vzorci (npr. vzorci mesa),
- vzorci, ki se sprotno posamično odvezemajo, kumulativno zbirajo, ovrednoti pa se radioaktivnost celotnega zbranega vzorca v daljšem časovnem obdobju (npr. mleko kot dvomesečni kompozitni vzorec) ter
- vzorci, ki se zbirajo kontinuirano skozi celotni mesec, meri pa se mesečni kompozitni vzorec (npr. vzorci zraka).

Izvajalca nadzornih meritev v življenjskem okolju Republike Slovenije sta Zavod za

varstvo pri delu d.o.o. (ZVD) in Institut "Jožef Stefan" (IJS). Oba izvajalca se redno udeležujeta tudi mednarodnih interkomparacijskih meritev z namenom, da se zagotovi in preverja kakovost meritev. Dodatne primerjalne meritve vzorcev sta izvajalca opravljala v sklopu nadzornih meritev v programu nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško.

### 1.3 Obseg poročila

V poročilu o obsevanosti prebivalcev Slovenije analiziramo meritve radioaktivnosti v okviru rednega monitoringa radioaktivnosti v Sloveniji, ki ga financirata Ministrstvo za okolje in prostor ter Ministrstvo za zdravje. Namen meritev je izračun doze, ki jo zaradi življenja v Sloveniji prejme povprečen prebivalec Slovenije. Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije nima namena prikazati sevalnih obremenitev, katerim je izpostavljeno prebivalstvo zaradi naravnih ali tehnološko modificiranih naravnih virov sevanja (radon v bivalnem okolju, rudnik urana Žirovski vrh), delovanja jedrske elektrarne Krško ali vpliva medicinskih virov.

V poročilu so zajeti predvsem podatki o stanju radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja kot posledice izvajanja preteklih jedrskih eksplozij in černobilske ter fukušimske jedrske nesreče.

Vrste meritev  
 Lokacije vzorčenja  
 Metodologija meritev  
 Akreditirane meritve  
 Originalna poročila z meritvami  
 Izračuni specifičnih aktivnosti

## 2 — Program in metodologija meritev

### 2.1 Vrste meritev

Program meritev radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja v Republiki Sloveniji je bil v letu 2018 podoben kot v prejšnjih letih, dodane so bile nove globine vzorčenja zemlje in meritve lesnih kuriv. Način zbiranja in odvzema vzorcev, priprava in obdelava ter meritve radioaktivnosti so v skladu z enotno metodologijo, predpisano s Pravilnikom JV10 [2].

Program meritev v Sloveniji v letu 2018 je prikazan v spodnji tabeli 2.1. V posebnem stolpcu so označene meritve, ki ji je opravil bodisi ZVD bodisi IJS.

**Tabela 2.1** | Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2018

Vrsta in opis meritev	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec meritev
<b>REKE, MORJE</b>				
VL spektrometrija gama	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVA (Brežice)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Dravograd)	voda	polletno, 2	IJS
	SOČA (Solkan)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVINJA (Celje)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
	KRKA (Otočec)	voda	polletno, 2	IJS
	KOLPA (Vinica)	voda	polletno, 2	IJS
	MORJE (Piran)	voda	polletno, 2	IJS
	MORJE (Piran)	sediment	polletno, 2	IJS
Specifična analiza H-3	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVA (Brežice)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Dravograd)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
Specifična analiza Sr-90	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Maribor)	voda	polletno, 2	IJS

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 | – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št.	Izvajalec meritev
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
Specifična analiza I-131	DRAVA (Dravograd)	voda	kvartalno, 4	IJS
	MURA	voda	kvartalno, 4	IJS
<b>ZRAK - partikulati</b>				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	kontinuirano črpanje skozi filter	mesečno, 12	IJS
	Murska Sobota		mesečno, 12	ZVD
	Predmeja		mesečno, 12	ZVD
<b>ZEMLJIŠČE - neobdelano zemljišče v različnih globinah</b>				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	0 - 10 cm	polletno, 6	IJS
	Kobarid	10 - 20 cm	polletno, 6	ZVD
	Murska Sobota	20 - 30 cm	polletno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	0 - 10 cm	polletno, 6	IJS
	Kobarid	10 - 20 cm	polletno, 6	ZVD
	Murska Sobota	20 - 30 cm	polletno, 6	ZVD
TLD	50 lokacij po Sloveniji	TL - H*(10)	polletno, 100	IJS
<b>TRDE IN TEKOČE PADAVINE</b>				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda v enem mesecu na višini 1m od tal	mesečno, 12	ZVD
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	tromesečno, 4	ZVD
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza H-3	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	mesečno, 12	IJS
<b>PITNA VODA</b>				
VL spektrometrija gama	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
Specifična analiza H-3	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
Specifična analiza Sr-90	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
<b>HRANA</b>				
<b>Hrana rastlinskega porekla</b>				
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonska zelenjava</i> npr. krompir, solata, špinača, korenje, zelje, fižol, paradižnik	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonska zelenjava</i> npr. krompir, solata, špinača, korenje, zelje, fižol, paradižnik	letno, 6	ZVD

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 | – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonsko sadje</i> npr. jabolka, breskve, češnje, slive, hruške, jagode, češnje	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Sezonsko sadje</i> npr. jabolka, breskve, češnje, slive, hruške, jagode, češnje	letno, 6	ZVD
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Žito, kruh</i> npr. pšenica, koruza, rž, ječmen, kruh, bela moka	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	<i>Žito, kruh</i> npr. pšenica, koruza, rž, ječmen, kruh, bela moka	letno, 6	ZVD
<b>Hrana živalskega porekla</b>				
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	sir, jajca, goveje meso, svinjsko meso, ribe, perutnina, med, divjačina	letno, 8	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	sir, jajca, goveje meso, svinjsko meso, ribe, perutnina, med, divjačina	letno, 8	ZVD
VL spektrometrija gama	Ljubljana	mleko	dvomesečno, 6	ZVD
	Kobarid		dvomesečno, 6	ZVD
	Bohinjska Bistrica		dvomesečno, 6	ZVD
	Murska Sobota		dvomesečno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	mleko	dvomesečno, 6	ZVD
	Kobarid		dvomesečno, 6	ZVD
	Bohinjska Bistrica		dvomesečno, 6	ZVD
	Murska Sobota		dvomesečno, 6	ZVD
<b>Celovit obrok hrane</b>				
VL spektrometrija gama	Vrtci po različnih slovenskih mestih	obrok	letno, 5	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Vrtci po različnih slovenskih mestih	obrok	letno, 5	ZVD
<b>KRMILA, GNOJILA, FOSFATI</b>				
VL spektrometrija gama	10 lokacij	enkratni vzorec	letno, 12	ZVD
Specifična analiza Sr-90	10 lokacij	enkratni vzorec	letno, 12	ZVD
<b>LESNA KURIVA</b>				
VL spektrometrija gama	različni dobavitelji	peleti, briketi, drva	letno, 8	ZVD, IJS

Stalen nadzor nad kontaminacijo okolja s sevalci gama, Sr-90, I-131 in H-3 je tudi v letu 2018 zajel najpomembnejše člene prehranske verige in tako kot v prejšnjih

letih, upošteval padavinsko različna področja. Na podlagi černobilskih izkušenj so v programu tudi termoluminiscentni (TL) dozimetri in sicer na več krajih v Sloveniji, ki služijo za indikacijo nihanj zunanjšega sevanja gama oziroma za določevanje prejetih doz prebivalstva zaradi zunanjšega sevanja gama (vključno z naravnimi radionuklidi in kozmičnim sevanjem).

## 2.2 Lokacije vzorčenja

Lokacije vzorčenja zraka, padavin, zemlje, tekočih in pitnih vod ter merilna mesta doz zunanjšega sevanja so ostala v splošnem enaka kot v prejšnjih letih. ZVD je v letu 2018 izvajal meritve radioaktivnosti zraka, zemlje, padavin, hrane, krmil, lesnih kuriv (novo v programu), IJS pa meritve radioaktivnosti tekočih vod, zemlje, zraka in zunanjšega sevanja ter tudi meritve radioaktivnosti pitnih vod.

Lokacije vzorčenja vzorcev in meritev zunanjšega sevanja s TLD so prikazane v na zemljevidih v posameznih pripadajočih poglavjih, in sicer:

- zrak – slika 3.1 na strani 26
- padavine – slika 3.18 na strani 42
- tekoče vode – slika 3.26 na strani 53
- zemlja – slika 3.28 na strani 56
- zunanje sevanje – slika 4.1 na strani 64
- pitna voda – slika 5.1 na strani 70
- hrana – slika 5.3 na strani 73
- krma – slika 5.13 na strani 83
- lesna kuriva – slika 5.14 na strani 84

V letu 2018 je bila zamenjana lokacija vzorčenja zraka, in sicer se je preselila z Jareninskega vrha v Mursko Soboto.

## 2.3 Metodologija meritev

Meritve v okviru rednega monitoringa življenjskega okolja v Republiki Sloveniji v letu 2018 sta izvajala ZVD in IJS. Za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja smo uporabljali visoko ločljivostno spektrometrijo gama (ZVD in IJS), radiokemično analizo Sr-90 (ZVD in IJS), radiokemično analizo H-3 (IJS) in radiokemično analizo I-131 (ZVD). Za meritve doze zunanjšega sevanja smo uporabljali TL dozimetre (IJS).

Vzorci zraka, padavin, neobdelane zemlje ter hrane rastlinskega in živalskega porekla smo v letu 2018 na ZVD vzorčili, pripravili in merili v skladu z odobrenimi delovnimi postopki za vzorčenje, pripravo vzorcev in izvajanje meritev specifičnih aktivnosti gama in beta sevalcev v vzorcih iz življenjskega okolja, DP-LMSAR-01, DP-LMSAR-02, DP-LMSAR-03, DP-LMSAR-07, DP-LMSAR-16, DP-LMSAR-18, DP-LMSAR-4.01, DP-LMSAR-4.02, DP-LMSAR-4.03.

IJS je v letu 2018 izvajal meritve radioaktivnosti tekočih vod, pitnih vod, sedimenta, zemlje in zraka v Ljubljani in krmil ter zunanjšega sevanja. Vzorce so na IJS vzorčili, pripravili in merili v skladu s sprejetimi postopki IJS. Sevalce gama določajo v skladu s postopkom Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10), vsebnost Sr-89/90 v skladu s postopki Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01)) in Navodilo za uporabo proporcionalnega števca (DP-O2-STC(01)), vsebnost tritija pa v skladu s postopkom Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07) ali Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-SZC(02)).

Stalno izvajanje kontrolnih meritev v laboratorijih po definiranih programih, udeležba na primerjalnih meritvah doma in v tujini, uporaba standardnih virov radioaktivnosti s certifikati, zagotavljajo kakovostne meritve, zanesljivost rezultatov in sledljivost do mednarodnih etalonov za merila.

## 2.4 Akreditirane meritve

ZVD in IJS sta za izvajanje meritev z metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama, radiokemične analize Sr-89, Sr-90 in H-3 (samo IJS) ter meritve doze zunanega sevanja akreditirana v skladu s standardi SIST EN ISO/IEC 17025 – akreditacijske listine številka LP-022, LP-032 in LP-090. Radiokemične analize I-131 se ne izvajajo po akreditirani metodi, vendar izvajalci meritev vzdržujejo sistem kakovosti in nenehnega izboljševanja. V prilogi A pričujočega poročila (od strani 107 naprej) so zbrane in predstavljene tabele z rezultati meritev monitoringa radioaktivnosti v okolju. Meritve označene z znakom # in v **odebeljenem tisku** se nanašajo na neakreditirano dejavnost.

Ker sta meritve izvajala ZVD Zavod za varstvo pri delu in Institut »Jožef Stefan«, je vsaka tabela priloge A ob strani posebej označena z logotipom organizacije, in sicer z **ZVD** za meritve ZVD in **IJS** za meritve IJS.

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih so preračunane na datum vzorčenja. Število podano za znakom  $\pm$  je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo (v kolikor ni drugače navedeno). Število podano za znakom  $<$  je spodnja meja aktivnosti, ki jo lahko določimo za dani izotop in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo. Aktivnosti navedene v poročilu v prilogi A se nanašajo le na izmerjeni vzorec in ne na celotni vzorčeni material. Podrobnejša pojasnila k zapisom rezultatov meritev so navedena v prilogi A.1.

### 2.4.1 Originalna poročila z meritvami

Rezultati navedeni v tabelah v prilogi A so pridobljeni iz naslednjih akreditiranih poročil ZVD in IJS v okviru izvajanja rednih monitoringov Uprave RS za jedrsko varnost (Ministrstvo za okolje in prostor), Uprave RS za varstvo pred sevanji (Ministrstvo za zdravje) ter Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (Ministrstvo za kmetijstvo), in sicer:

- Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji [5–9]
- Monitoring radioaktivnosti živil [10–12]
- Monitoring radioaktivnosti pitne vode [13]
- Monitoring radioaktivnosti živalske krme [14]

## 2.5 Izračuni specifičnih aktivnosti

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zraka podajamo v  $\text{Bq/m}^3$ , v vzorcih tekočih in pitnih vod v  $\text{Bq/m}^3$ , v vzorcih padavin na količino padavin v  $\text{Bq/mm}$ , v  $\text{Bq/m}^3$  in preračunane na enoto prestrezne površine, v  $\text{Bq/m}^2$ . V vzorcih zemlje podajamo specifične aktivnosti radionuklidov v  $\text{Bq/kg}$  in preračunane na enoto površine v  $\text{Bq/m}^2$ . Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih hrane (mleko, meso, sadje, zelenjava in močnati izdelki) podajamo v  $\text{Bq/kg}$ . Doze zaradi zunanega sevanja in efektivne doze za prebivalstvo podajamo v  $\text{mSv}$  oziroma  $\mu\text{Sv}$ .

Za vsako vrsto vzorca smo v tem poročilu izračunali povprečno letno vrednost specifične aktivnosti in njeno negotovost, ki ju kasneje upoštevamo v izračunu doz prebivalcev. Izračun povprečij poteka po internem navodilu ND-LMSAR-06 oziroma na naslednji način: neizmerjena vrednost v danem obdobju k povprečju prispeva vrednost



0; poročana spodnja meja detekcije k povprečju prispeva polovico njene vrednosti, če je vsaj ena meritev v letu bila poročana nad mejo detekcije; poročana spodnja meja detekcije k povprečju prispeva vrednost 0, če v letu ni bila poročana nobena vrednost nad mejo detekcije. Negotovosti posameznih meritev so podane v tabelah v prilogi. K negotovosti izračunanega povprečja specifičnih aktivnosti vzorca prispevajo tako negotovosti posameznih meritev  $\sigma_{x_i}$  in raztros vrednosti oziroma standardna deviacija posameznih meritev od povprečne vrednosti  $\sigma_{stdev}$ , kot je prikazano v spodnjih enačbah.

$$\sigma_{stdev} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}}{n}} \quad (2.2)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\sigma_{stdev}^2 + \bar{\sigma}^2} \quad (2.3)$$

kjer je  $\sigma_{\bar{x}}$  negotovost povprečne vrednosti. To pomeni, da bo, na primer, pri izmerjenih vzorcih, ki imajo velik razpon vrednosti prevladovala negotovost zaradi velike standardne deviacije od povprečja, pri vzorcih s konstantnimi vrednostmi pa negotovost zaradi negotovosti posamičnih meritev. Zato se je v primeru velikih negotovosti za povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti vzorcev v tem poročilu potrebno zavedati, da te v večini primerov niso posledica merske negotovosti, ampak predvsem širokega razpona aktivnosti v posameznih vzorcih iste vrste.

V spodnji tabeli 2.2 so prikazane orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide za metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama.

**Tabela 2.2** | Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide

Vrsta vzorca	zemlja	voda	sediment	zrak
Količina vzorca	1 kg	0,02 m <sup>3</sup>	1 kg	10000 m <sup>3</sup>
Trajanje meritve	1 dan	1 dan	2 dni	1 dan
Spodnja meja detekcije				
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/kg	μBq/m <sup>3</sup>
K-40	0,9	18	0,7	35
Co-60	0,1	4,1	0,8	54
I-131	0,089	3,2	0,7	43
Cs-134	0,096	3,6	0,8	51
Cs-137	0,1	3,8	0,8	54
Pb-210	1,1	13	0,7	26
Ra-228	0,5	7,0	0,4	14
Th-228	0,2	4,0	0,2	8,0
Ra-226	0,3	2,3	0,2	4,5
U-238	0,8	12	0,6	23
Am-241	0,15	3,5	1,0	51

#### Zrak

- Vzorčenje in rezultati meritev
- Sezonske variacije Cs-137
- Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137
- Sezonske variacije Be-7 in Pb-210
- Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210

#### Padavine

- Vzorčenje in rezultati meritev
- Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90
- Specifična aktivnost H-3
- Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

#### Tekoče vode

- Vzorčenje in rezultati meritev
- Dolgoročni trendi

#### Zemlja

- Vzorčenje in rezultati meritev
- Dolgoročni trendi

## 3 — Okoljski monitoring

### 3.1 Zrak

#### 3.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve so se kot v preteklih letih izvajale na lokaciji Ljubljana in Predmeja, namesto lokacije na Jareninskem vrhu pri Mariboru pa od leta 2018 dalje poteka vzorčenje zraka v Murski Soboti (Rakičan). Od avgusta 2009 se vzorčenje v Ljubljani namesto na lokaciji Rektorskega centra Podgorica izvaja na lokaciji IJS na Jamovi cesti. Lokacije so označene na zemljevidu na sliki 3.1.

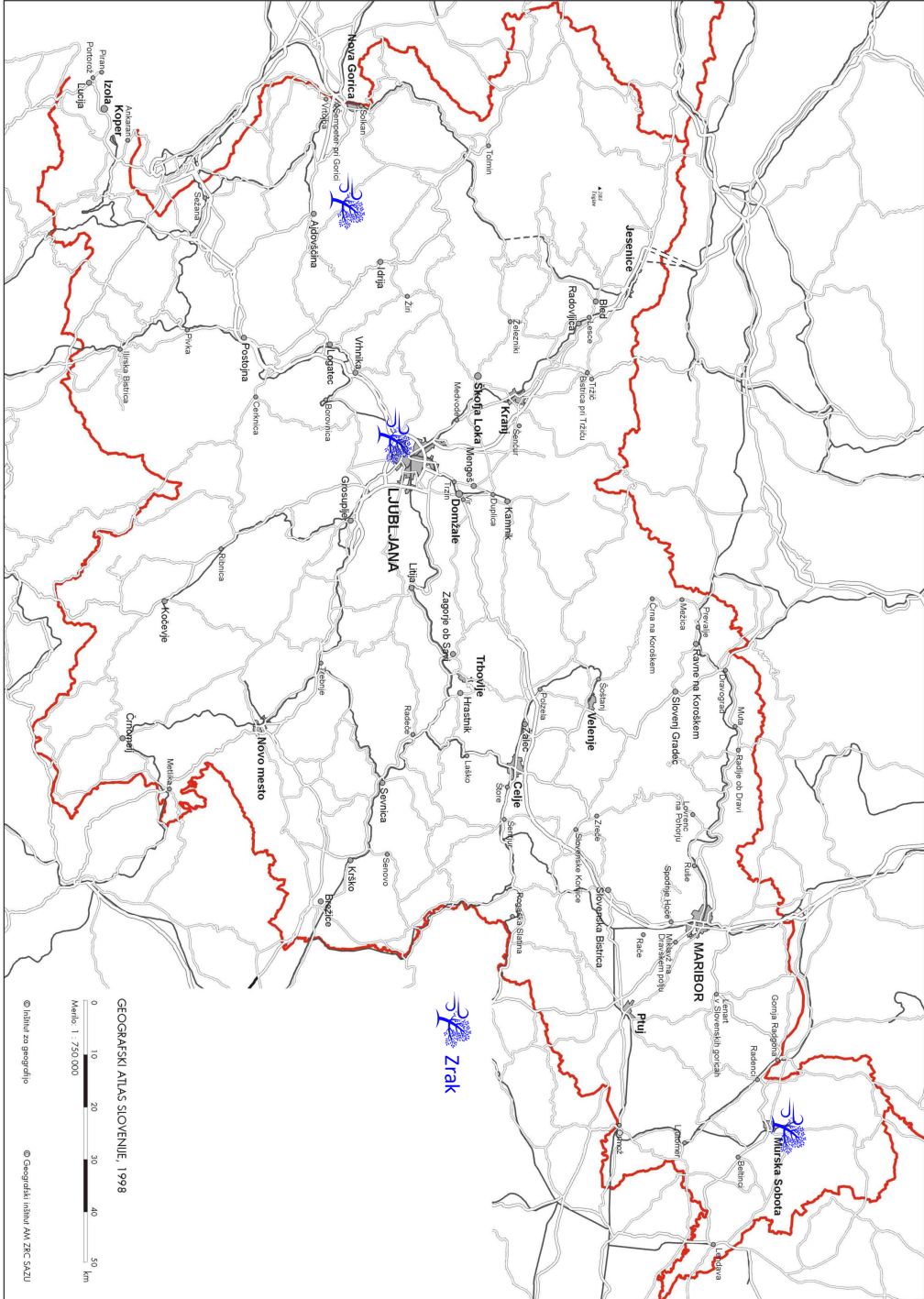
Zrak se kontinuirano vzorči, analize sevalcev gama sestavljenih vzorcev pa se opravljajo mesečno. Rezultati so podani v prilogi A v tabelah A.1, A.2 in A.3.

Celoletna letna povprečna vrednost specifične aktivnosti Cs-137 na lokaciji vzorčenja v Ljubljani je bila  $1,2 \pm 0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , na lokaciji vzorčenja v Murski Soboti  $1,1 \pm 0,8 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  in na lokaciji vzorčenja na Predmeji  $2,7 \pm 2,5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ .

Poleg umetnih radionuklidov so v vzorcih zraka opazni tudi naravnih radionuklidi (k dozi največ prispeva Pb-210) in kozmogeni Be-7. Povprečna letna vrednost specifične aktivnosti je bila v Murski Soboti Jareninskem vrhu za Be-7  $3,8 \pm 2,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$  oziroma za Pb-210  $0,67 \pm 0,37 \text{ mBq}/\text{m}^3$ , v Ljubljani za Be-7  $4,8 \pm 0,1 \text{ mBq}/\text{m}^3$  oziroma za Pb-210  $0,86 \pm 0,02 \text{ mBq}/\text{m}^3$  in na Predmeji za Be-7  $4,3 \pm 2,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$  oziroma za Pb-210  $0,43 \pm 0,22 \text{ mBq}/\text{m}^3$ .

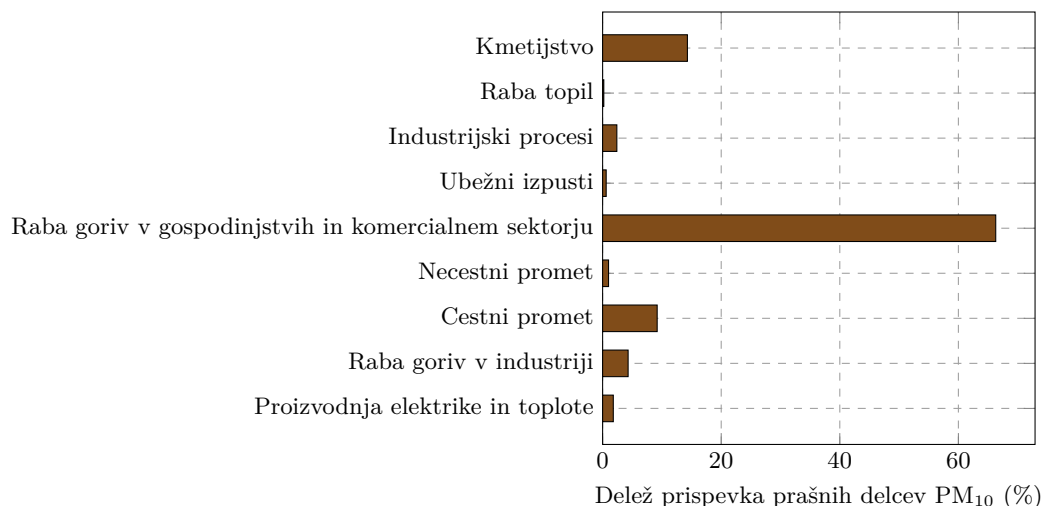
#### 3.1.2 Sezonske variacije Cs-137

Nekatera tuja literatura navaja v preteklih letih izmerjene rahlo povišane koncentracije Cs-137, ki so bile do tedaj pod mejami detekcije, kar pripisujejo povišani uporabi drv in lesne biomase (peleti, briketi), ki vsebujejo višje aktivnosti Cs-137 zaradi kontaminacije po črnobilski nesreči [15]. V literaturi [15–20] je moč najti ugotovitve, da zaradi prenosnih mehanizmov prihaja do akumulacije Cs-137 v drevesih, posebej so povišane vrednosti v lubju. Na podlagi predpostavk in ugotovitev v teh znanstvenih člankih od leta 2013 dalje preverjamo, ali je takšen pojav viden tudi v Sloveniji, kjer bi lahko znaten vir Cs-137 v zraku prispevala ravno uporaba biomase. V preteklih letih smo z analizami ugotovili korelacijo aktivnosti Cs-137 z nizkimi temperaturami in koncentracijo prašnih delcev PM<sub>10</sub> (velikosti delcev z aerodinamičnim premerom pod 10  $\mu\text{m}$ ) [21–23]. Novo hipotezo o izvoru Cs-137 od leta 2013 dalje preverjamo na izmerjenih podatkih, in sicer



Slika 3.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.

na povprečnih vrednostih Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk na lokaciji v Ljubljani, kjer je kapaciteta zračne črpalke in s tem zanesljivost merskih podatkov največja. Tako smo potrdili, da je uporaba lesne biomase glavni vir Cs-137 v zraku, ne pa resuspenzija Cs-137 iz zemlje, kot se je smatralo pred letom 2013 [24, 25].



**Slika 3.2** | Različni viri prašnih delcev PM<sub>10</sub> (za leto 2011).

Na podlagi rednih meritev Agencija RS za okolje spremlja različne kazalce okolja v Sloveniji, kjer so lahko identificirali različne vire delcev PM<sub>10</sub> [26]. Deleži posameznih prispevkov so prikazani na sliki 3.2, kjer je razvidno, da k onesnaženju z delci daleč največ prispevajo individualna kurišča (drva, briketi, peleti), deloma in v precej manjši meri pa tudi promet, industrija in ponovni dvig ter lebdenje delcev v ozračju.

Iz meritev prašnih delcev PM<sub>10</sub> tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [27? –31]. To je tudi razvidno na sliki 3.3, kjer primerjamo koncentracije prašnih delcev PM<sub>10</sub> in povprečne mesečne temperature za več zaporednih let. Tako je med kurilno sezono lepo viden dvig koncentracij PM<sub>10</sub>, v toplih mesecih izven kurilne sezone so koncentracije dokaj stalne zaradi ostalih omenjenih virov PM<sub>10</sub>. Velik vpliv na koncentracijo delcev imajo vremenske razmere (izpiranje zaradi dežja) in, ker so koncentracije lahko zmanjšane zaradi padavin, tako v grafu na sliki 3.3 dodatna barvna oznaka odraža količino padavin v posameznem mesecu.

Na slikah 3.4 in 3.5 smo primerjali odvisnost izmerjenih aktivnosti nekaterih radionuklidov v zraku (Cs-137, Th-228, Pb-210) od povprečnih mesečnih temperatur oziroma koncentracij prašnih delcev.

Predvsem za Cs-137 lahko ugotovimo močno korelacijo s koncentracijami prašnih delcev oziroma močno antikorelacijo s temperaturo (kot indikator za kurilno sezono). Korelacija je precej manj izrazita za naravni radionuklid Pb-210 ali pa le-ta sploh ni prisotna za izotop Th-228. Iz zgornjih ugotovitev izhaja, da je v hladnih mesecih povišana uporaba lesnih kuriv, ki zaradi vsebnosti Cs-137 povišajo vrednosti v ozračju. To potrjujejo tudi meritve, kjer so aktivnosti Cs-137 izmerjene v hladnejših mesecih lahko tudi za velikostni red višje od vrednosti v toplejših mesecih, na nekaterih merilnih postajah pa so te velikokrat celo pod mejo detekcije.

Iz tega lahko zaključimo, da je prispevek k specifični aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplih mesecih pa je prispevek manj izrazit in je najverjetneje posledica več

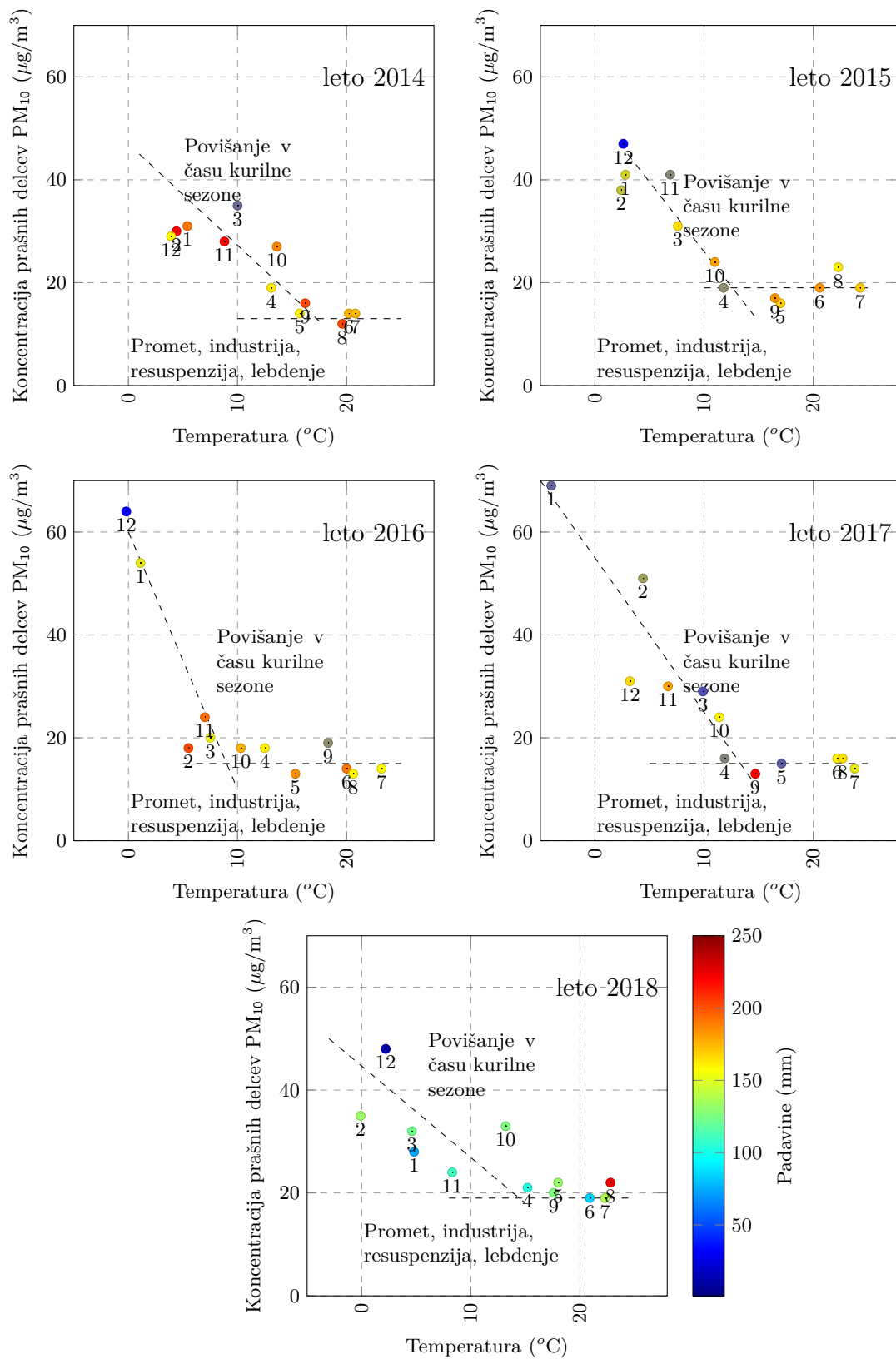
faktorjev, v prvi meri zaradi resuspenzije iz tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri zaradi prometa in industrije.

### Uporaba lesne biomase v Sloveniji

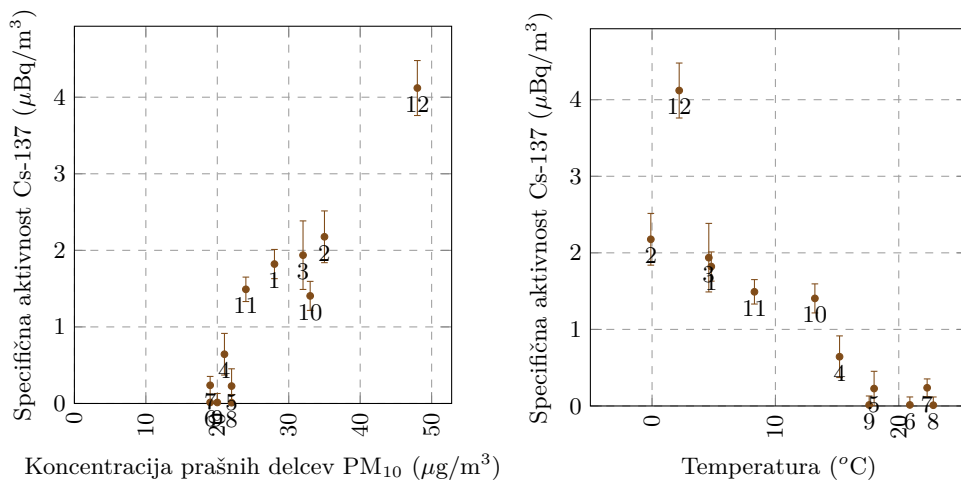
Visoka rabe lesne biomase je glede na veliko pokritost z gozdovi pričakovana in smotrna. Poleg lesa trdna biomasa zajema tudi kostno moko in maščobe, papirni mulj ter lužnico, ki se uporabljajo v industriji. Les je leta 2011 predstavljal 98 % rabe trdne biomase. Največ trdne biomase se porabi v gospodinjstvih (leta 2011 415 kt<sub>oe</sub> - *kilotonne of oil equivalent*), sledita industrija s 50 kt<sub>oe</sub> in pridobivanje energije s 46 kt<sub>oe</sub>, poraba je po letih prikazana na sliki 3.6 [32, 33]. Leta 2009 se je raba v gospodinjstvih močno povečala glede na predhodna leta. Povečanje je zlasti posledica izboljšanja metodologije spremljanja rabe lesne biomase v gospodinjstvih. V obdobju 2002-2008 je bila raba konstanta, leta 2009 pa se je, na podlagi rezultatov ankete o porabi energije v gospodinjstvih, izdelal model s katerim se vsako leto oceni raba lesne biomase [32, 33]. Povečanje rabe leta 2010 je predvsem posledica hladnejše zime, leta 2011 pa se je znižala zaradi toplejše zime ter tudi zaradi zamenjave starih kotlov na lesno biomaso z novejšimi učinkovitejšimi in zaradi energetske obnove stavb. V industriji se je raba biomase po letih rasti od leta 2005 zmanjševala. Glavni vzrok je zaprtje proizvodnje celuloze v podjetju Vipap. Leta 2011 je bila za 23 % nižja kot leta 2000. Raba v transformacijah je bila leta 2011 za 94 % višja kot leta 2000. Znatno se je povečala leta 2008, ko so začele les uporabljati tudi velike termoelektrarne TEŠ, TET in TE-TOL. V letih 2009-2013 je les od velikih TE uporabljala le TE-TOL. Narašča tudi poraba lesa v daljinskem ogrevanju, saj se povečuje število manjših sistemov na lesno biomaso [34].

Statistični urad spremlja končna poraba energije v gospodinjstvih po vrsti energetskega vira (naravne enote) od leta 2009 dalje [35]. Poraba lesnih kuriv je določena na podlagi zbranih podatkov SURS in s pomočjo preračuna Instituta "Jožef Stefan" – Center za energetska učinkovitost (IJS-CEU) in je prikazana na sliki 3.7 [35]. Iz slike je razviden izrazit trenda naraščanja uporabe lesnih peletov, sekancev, briketov in ostankov, uporaba drv oziroma polen pa rahlo upada, po letih pa odraža hladnejše ali toplejše zime (npr. izrazit minimum v letu 2014).

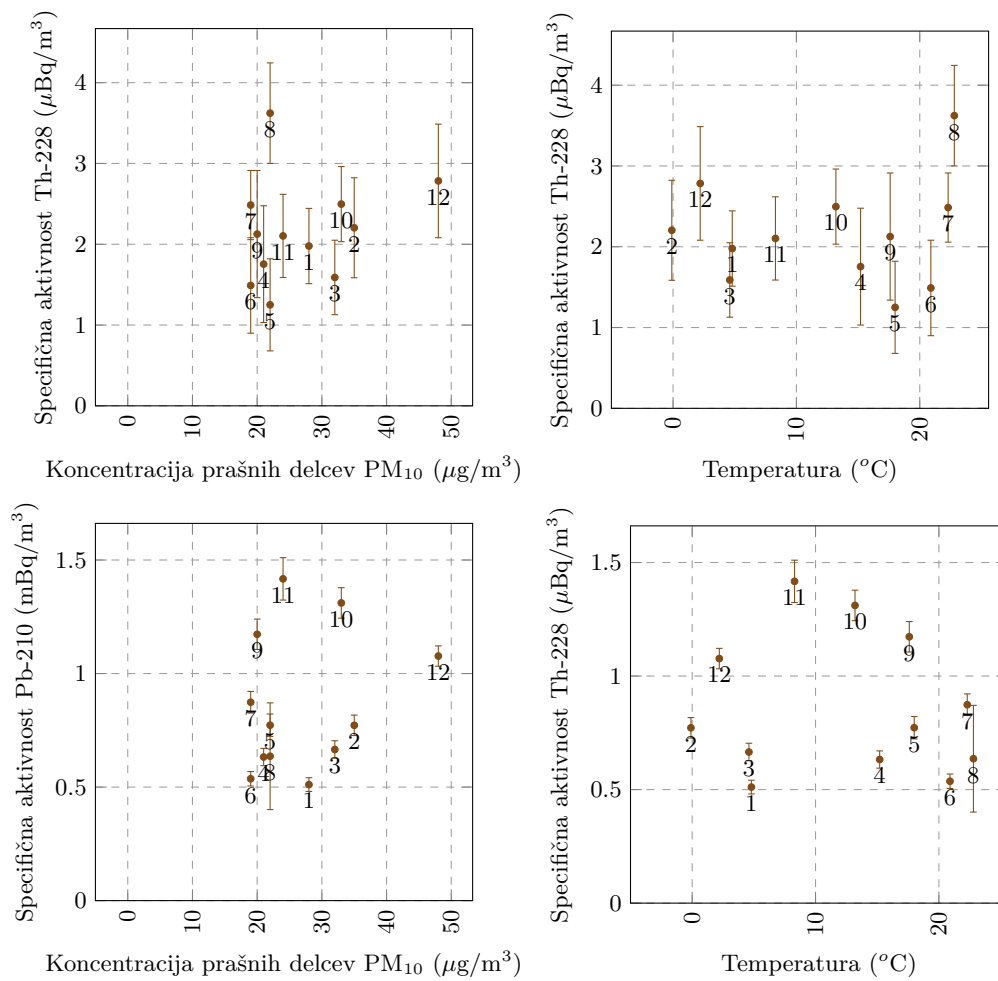
Meritve koncentracij aktivnosti izotopov v lesnih kuriv so predstavljene in analizirane v poglavju 5.4 na strani 82.



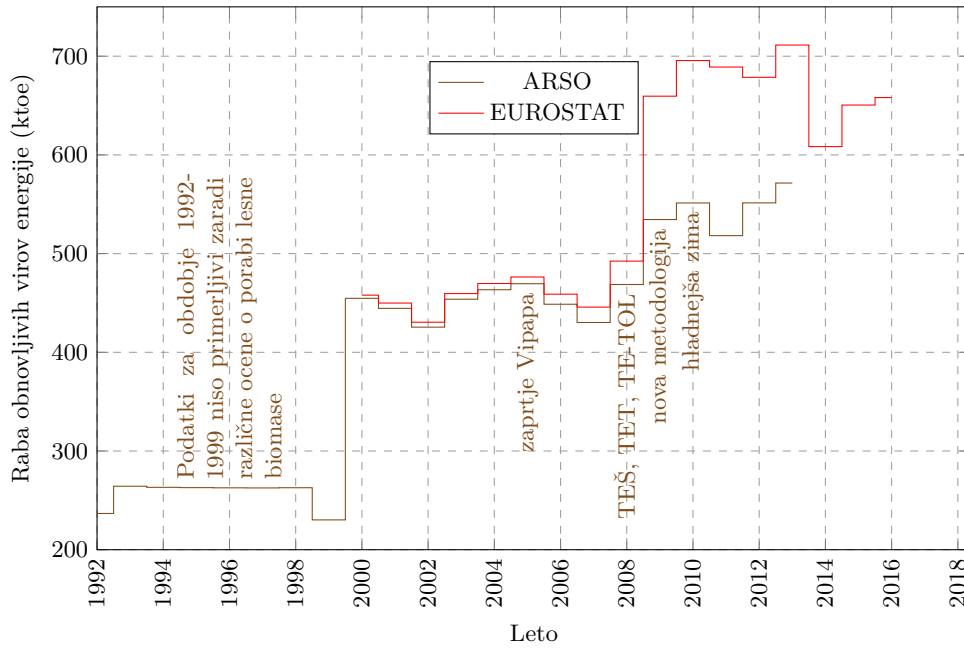
**Slika 3.3** | Temperaturna korelacija prašnih delcev PM<sub>10</sub> med kurilno sezono na lokaciji v Ljubljani – oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve, barvna oznaka pa količino padavin.



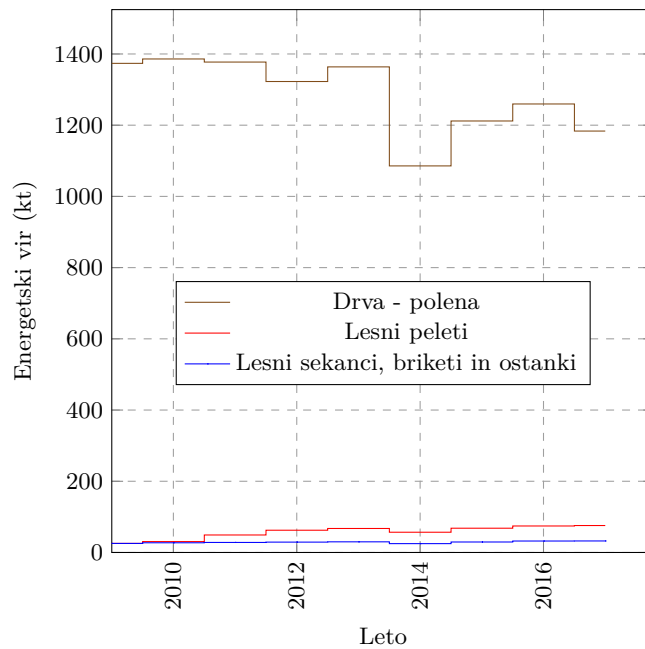
**Slika 3.4** | Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM<sub>10</sub> oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.



**Slika 3.5** | Sezonske korelacije med aktivnostjo naravnih radionuklidov, Th-228 in Pb-210, v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM<sub>10</sub> oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.



**Slika 3.6** | Raba obnovljivih virov energije - les in druga trdna biomasa (ARSO) oziroma biomasa in gorljivi odpadki (EUROSTAT).

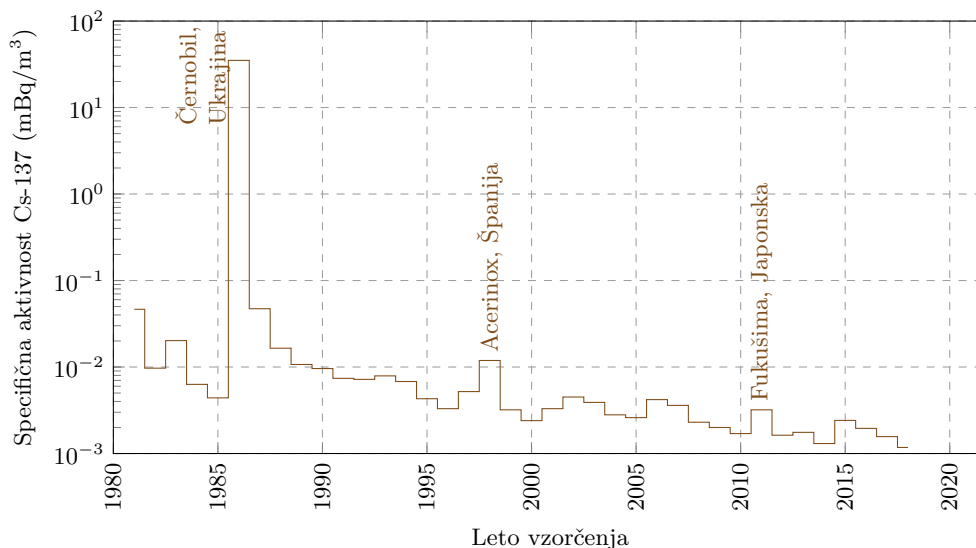


**Slika 3.7** | Končna poraba energije lesnih kuriv v gospodinjstvih izračunana s pomočjo modela rabe energije v gospodinjstvih (IJS-CEU).



### 3.1.3 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137

Na spodnji sliki 3.8 so prikazane povprečne mesečne specifične aktivnosti za Cs-137 za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.



**Slika 3.8** | Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana od leta 1981 dalje

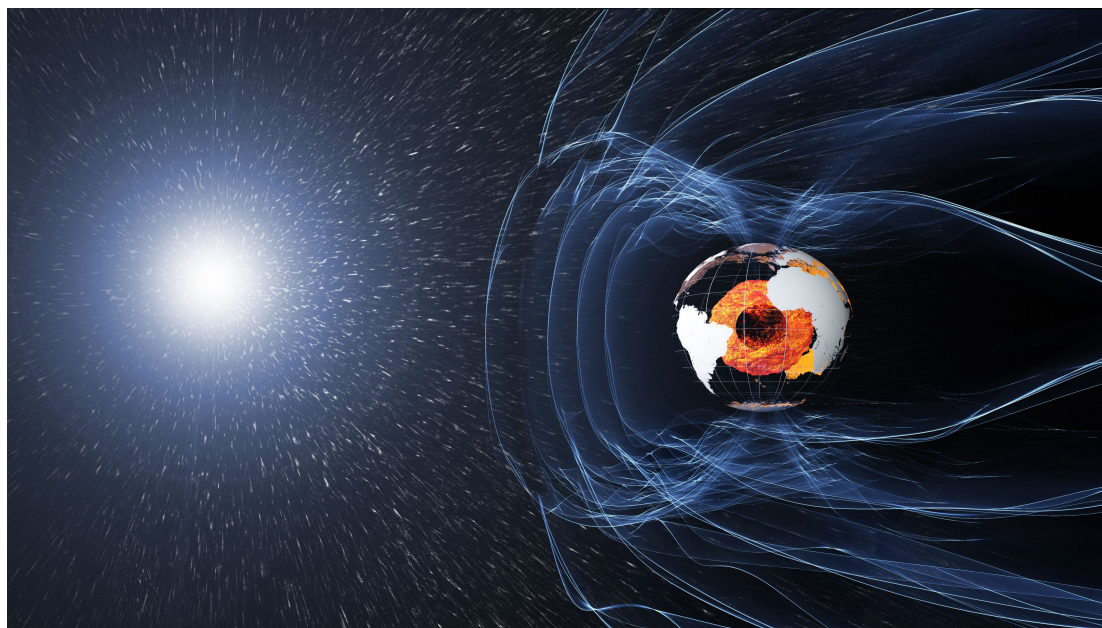
Mesečne koncentracije Cs-137 po letu 1986, ko so bile najvišje zaradi černobilske nesreče padajo. Povprečne letne koncentracije Cs-137 v zraku v Ljubljani se po letu 2000 gibljejo v območju vrednosti 1 – 5  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  in kažejo rahel trend padanja. Edino povišanje po černobilski nesreči je bilo vidno leta 1998, v času nezgode v jeklarni Acerinox v Španiji (Algeciras), kjer so stalili radioaktivni vir Cs-137, zaradi česar so bile izmerjene vrednosti okoli 10  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , ter prvih nekaj mesecev po nesreči v jedrski elektrarni v Fukušimi na Japonskem marca 2011. Zaradi velike oddaljenosti in posledične razredčitve vpliv nesreče v Sloveniji ni bil močno opazen, povišane vrednosti za velikostni red od siceršnjih vrednosti so bile opazne le v prvih dveh mesecih po nesreči. Julija 2016 je prišlo do gozdnega požara v černobilski izključitveni coni oziroma v t.i. rdečem gozdu [36]. Požar je bil pogašen v enem dnevu, bistvenih vplivov na Evropo ni bilo, z meritvami nismo zaznali nikakršnega odstopanja. Letno povprečje koncentracij Cs-137 v letu 2018 je na nivoju vrednosti letnih povprečij v preteklih letih (z izjemo 2011).

### 3.1.4 Sezonske variacije Be-7 in Pb-210

Analizirali smo sezonske variacije specifičnih aktivnosti Be-7 v letu 2018, ki so prikazane na sliki 3.10.

Kozmogeni Be-7 nastaja kot fragmentacijski produkt jeder kisika in dušika pri trkih z bodisi visoko energijskimi galaktičnimi kozmičnimi žarki bodisi nizko energijskimi delci solarnega vetra v zemeljski atmosferi, pri čemer je prispevek slednjih precej manjši. Solarni veter je sestavljen iz protonov in elektronov pospešenih v sončevi koroni ali ob solarnih izbruhih. Večinoma so energije teh delcev prenizke, da bi prispeli v zemljino atmosfero, saj se zaradi Zemljinega magnetnega polja uklanjajo (prikazano na sliki 3.9 [37]). Njihov sicer majhen vpliv je možen le na magnetnih polih, kjer je usmerjenost magnetnih silnic taka, da delci solarnega vetra lahko prodrejo do nižjih nadmorskih

višin.



**Slika 3.9** | S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz); slika: ESA/ATG medialab.

Kozmogeni radionuklid Be-7 tako nastaja pretežno v jedrskih reakcijah fragmentacije ob interakcijah z galaktičnimi kozmičnimi žarki v zemeljski atmosferi [38]. Večina Be-7 tako nastane v spodnji stratosferi in nato počasi prehaja navzdol do nadmorskih višin zemeljskega površja, količina nastalega Be-7 je tako močno odvisna od sončeve aktivnosti.

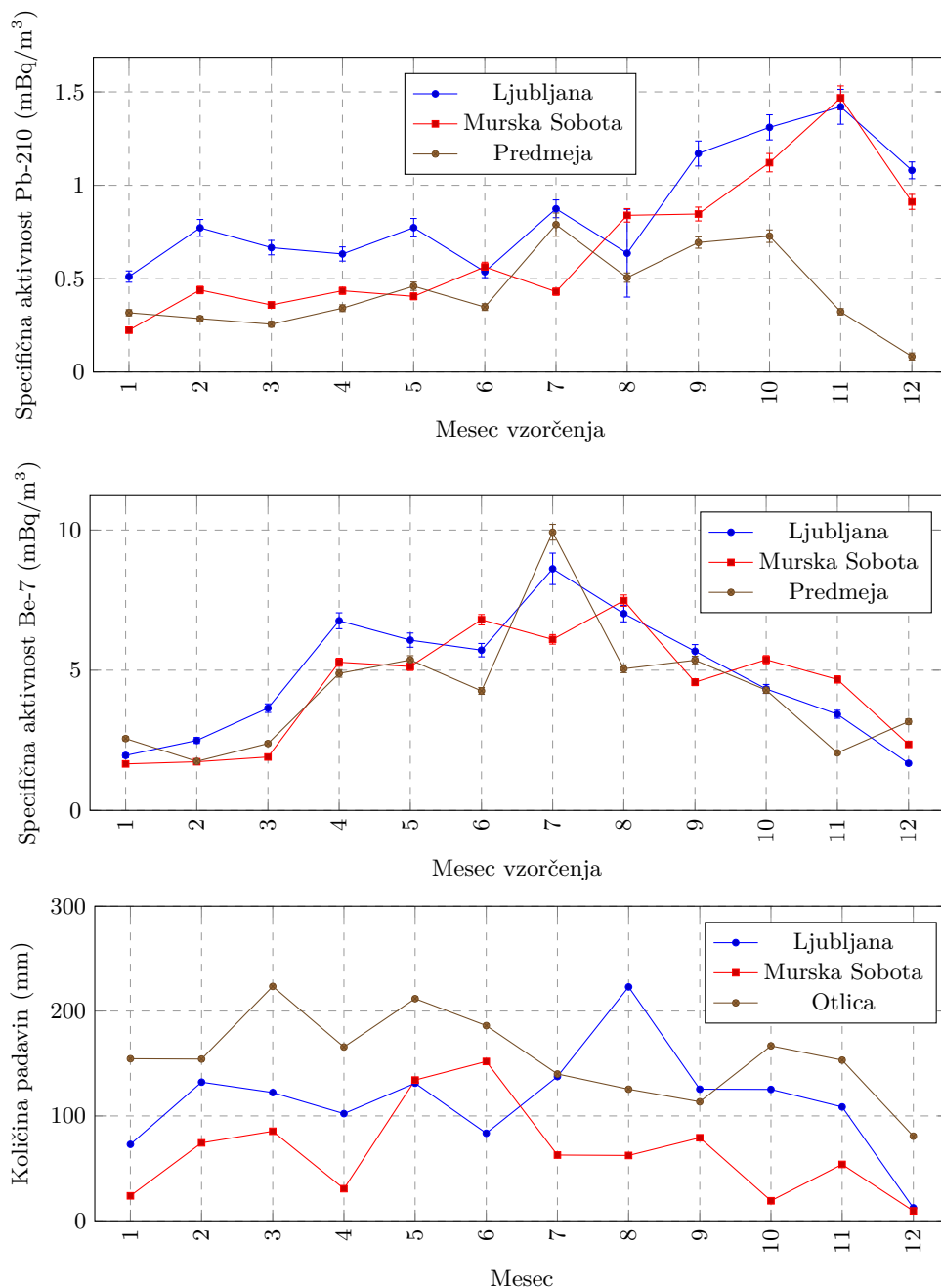
Sezonske variacije koncentracij Be-7 v zraku so povezane z vsaj štirimi faktorji [38–40]:

- hitrost prehajanja zračnih mas med stratosfero (višine do 50-60 km) in troposfero (višine do 8-15 km)
- vertikalno mešanje zračnih mas v troposferi
- prehajanje zračnih mas iz srednjih do visokih nadmorskih višin v troposferi in
- izpiranje atmosferskih aerosolov iz zraka preko padavin.

Izpiranje Be-7 s pomočjo padavin je dobro vidno na sliki 3.10, kjer so prikazane mesečne vrednosti aktivnosti Be-7 v zraku, dodatno pa za primerjavo še količina padavin v Ljubljani. Lepo je tudi vidna korelacija med količino padavin in mesečnim usedom Be-7 v padavinah na sliki 3.25 v poglavju 3.2.4.

Poleg izpiranja s padavinami, pa so sezonske variacije v obdobjih, kjer ni zaznanih velikih sprememb v količinah padavin – predvsem hladnejši meseci –, nedvomno povezane s premiki atmosferskih zračnih mas.

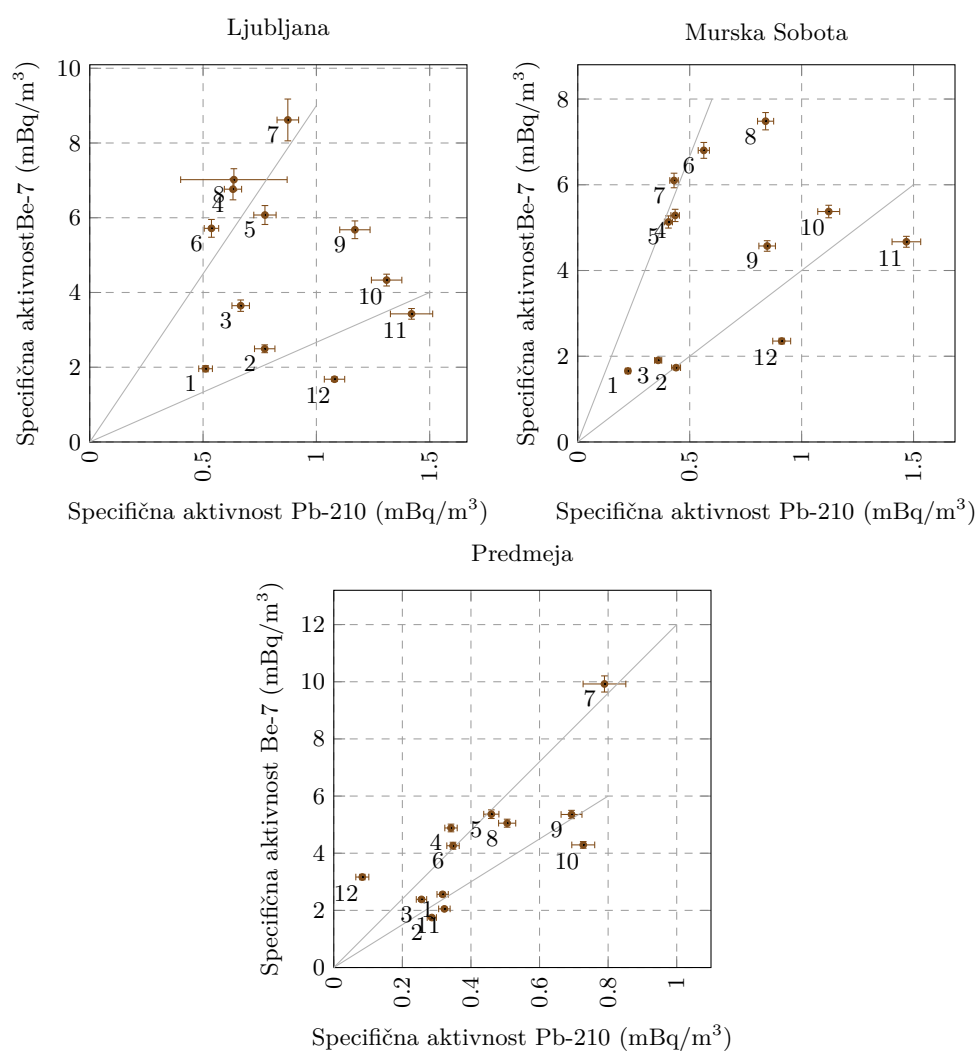
Na sliki 3.10 podrobneje analiziramo sezonske variacije, kjer poleg Be-7 analiziramo tudi koncentracije Pb-210. Oba radionuklida sta v literaturi uporabljena kot dobra sledilca atmosferskih gibanj zraka, Pb-210 za aerosole v nizkih višinah atmosfere (saj izhaja iz tal), Be-7 pa za aerosole na visokih nadmorskih višinah (nastaja pri interakcijah z galaktičnimi kozmičnimi žarki). V Sloveniji so koncentracije Pb-210 v zraku višje v zimskih mesecih, predvsem ob nizki vlažnosti, posledično manjših padavinah in majhnim usedom. Ob deževnih mesecih (tipično spomladi in jeseni) se koncentracije Pb-210 v zraku zmanjšajo. Koncentracija Be-7 v zraku najbolj naraste v poletnih mesecih, kjer najverjetneje poletni azorski anticiklon poskrbi za pretakanje zračnih mas iz višjih plasti



**Slika 3.10** | Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.

troposfere oziroma stratosfere v nižje. Na ta način pride do povečanja koncentracij Be-7 na nadmorskih višinah ob zemeljskem površju.

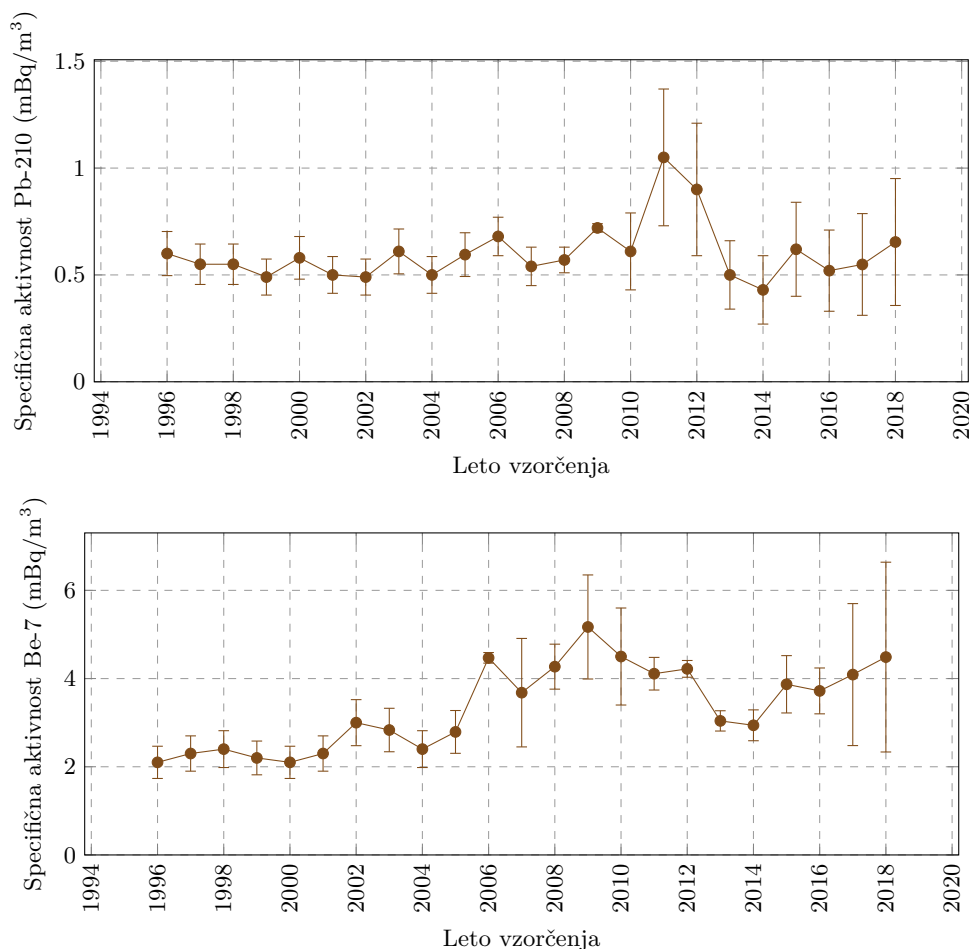
Oba opisana pojava za koncentracije Pb-210 in Be-7 pomenita dvojno korelacijsko funkcijo za zimske in poletne mesece, ki sta lepo opazni na lokacijah Ljubljana in Jareninski vrh na sliki 3.11. Lokacija v Predmeji je izpostavljena stalnim vetrovom, zato je ta dvojna korelacija najmanj opazna.



**Slika 3.11** | Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2018 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.

### 3.1.5 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7 in Pb-210

Na spodnji sliki 3.12 so prikazane povprečne letošnje vrednosti specifičnih aktivnosti v zraku iz vseh treh lokacij vzorčenja za Pb-210 in kozmogeni Be-7 za obdobje od 1996 dalje.



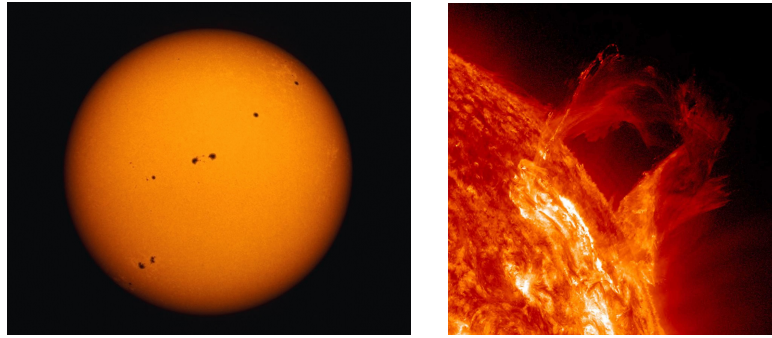
**Slika 3.12** | Povprečne letošnje specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja).

Iz slike 3.12 je razvidno, da je specifična aktivnost Pb-210 skozi celotno obdobje spremljanja dokaj konstantna in variira okrog povprečne vrednosti 0,6 mBq/m<sup>3</sup>. Izjema sta leti 2011 in 2012, kjer je specifična aktivnost skoraj dvakrat višja od povprečja. Ustrezne razlage nimamo, saj načeloma na koncentracije Pb-210 vplivajo atmosferski premiki zračnih mas (vertikalno in horizontalno mešanje) ter izpiranje aerosolov, na katere se veže Pb-210, s padavinami. Vrednosti specifičnih aktivnosti Be-7 se gibajo med 2,1-5,1 mBq/m<sup>3</sup>. V letih 2006-2011 so izmerjene vrednosti Be-7 v zraku za slabo polovico višje kot v prejšnjih letih (do 2005), dodatno je opazen rahel vrh okrog leta 2002.

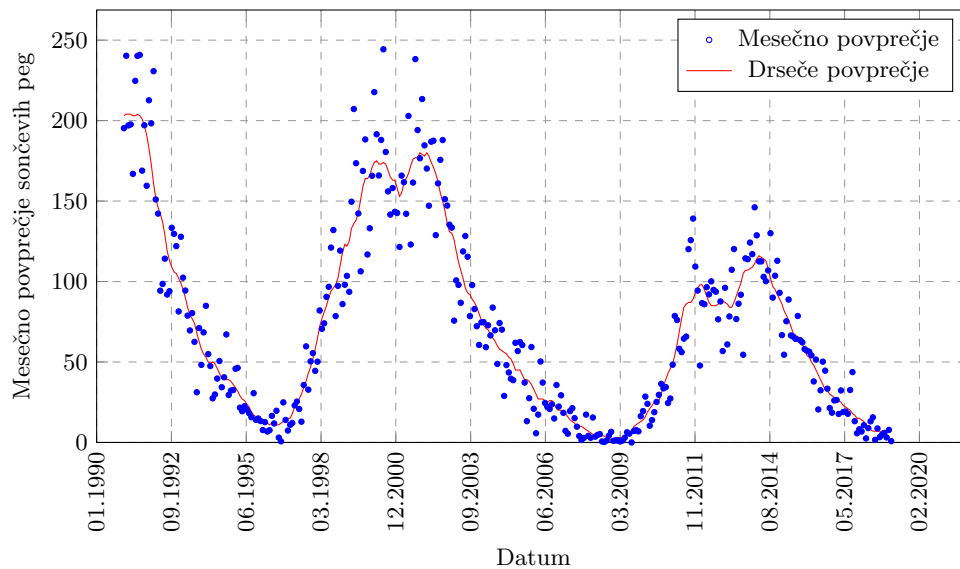
Podoben trend je možno opaziti tudi pri vrednostih Be-7 v vzorcih padavin (prikazane na sliki 3.23), kjer je tudi opazno povišanje koncentracij v letih 2006-2011 v primerjavi s preteklimi leti. Potrebno pa se je zavedati, da je vsebnost Be-7 v padavinah v kratkih vzorčevalnih obdobjih (npr. mesečnih) antikorelirana z vsebnostjo Be-7 v zraku, v letnih povprečjih pa so koncentracije korelirane.

Variacije glede na leta opazovanja v koncentracijah Be-7 bi lahko pojasnili s t.i.





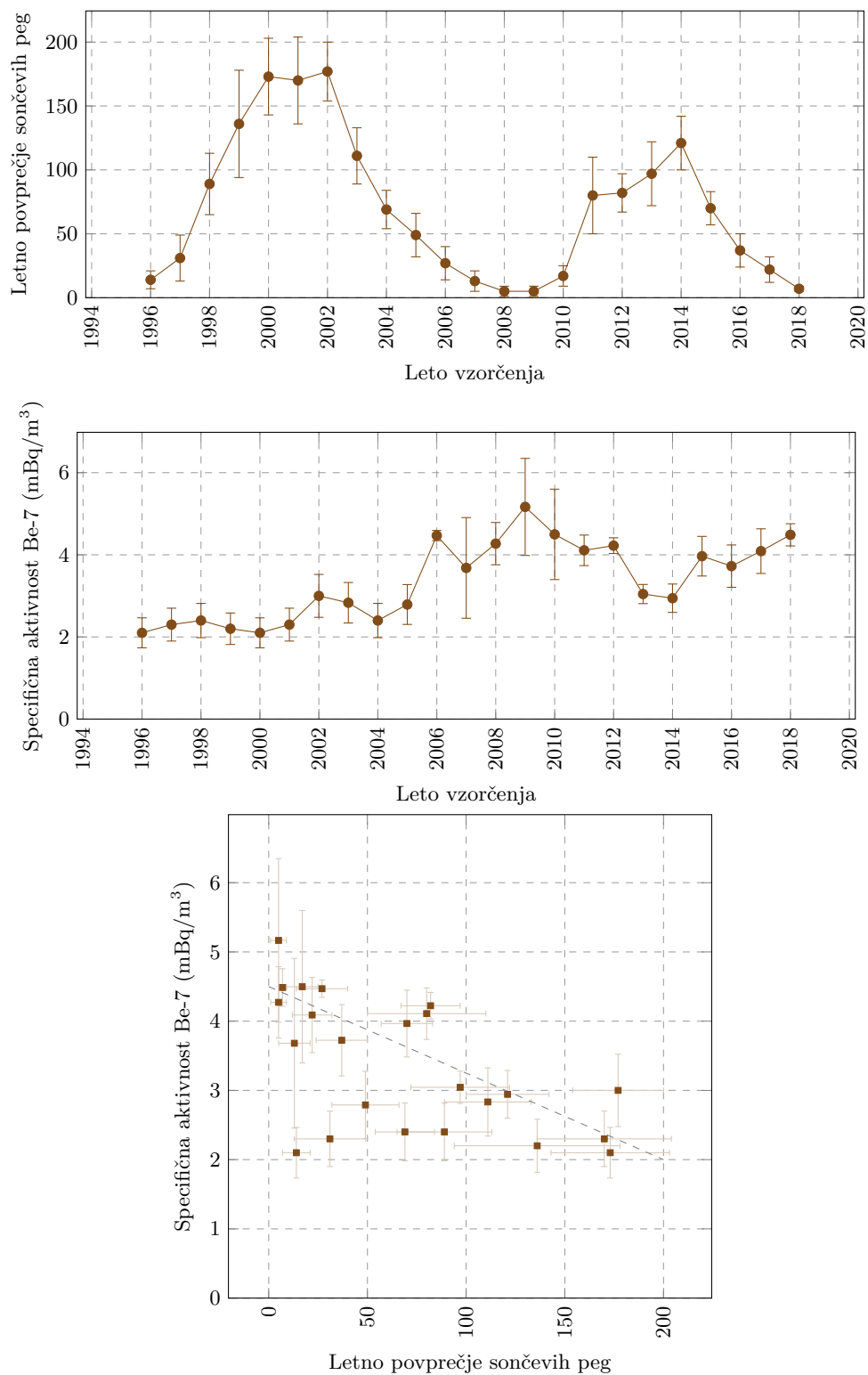
**Slika 3.14** | Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter; slika: NASA.



**Slika 3.15** | Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje zadnjih 13 mesecev.

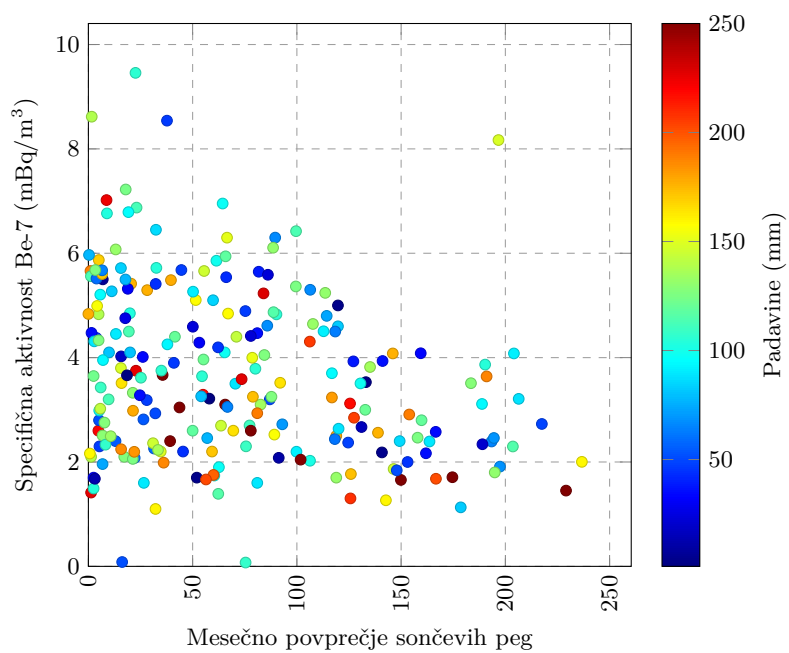
zato so pričakovano koncentracije Be-7 v zraku nižje (glej sliko 3.12), predvidevamo, da bi v prihodnjih letih morale še dodatno padati.

Delno na izmerjene koncentracije Be-7 v zraku vplivajo padavine, ki ga izpirajo iz ozračja, vendar se v letnih podatkih to dovolj povpreči, da je vpliv zmanjšan. Če analiziramo mesečne podatke, pa ta slika ni več tako izrazita in antikorelacije skoraj niso opazne. Na sliki 3.17 je prikazana antikorelacija sončevega cikla – število peg – z izmerjenimi mesečnimi koncentracijami Be-7 za merske podatke od leta 2000 dalje. Na grafu so za posamične meritve dodane tudi količine mesečnih padavin, ki so obarvane z ustrežno barvo glede na njihovo višino. Najverjetneje pa vpliva tudi delna zakasnitev zaradi transporta izotopa Be-7 od mesta nastanka v atmosferi do tal, kjer vzorčimo zrak.



Slika 3.16 | Antikorelacija sončevega cikla z letnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 1996 dalje.





**Slika 3.17** | Antikorelacija sončevega cikla z mesečnimi koncentracijami Be-7 v zraku od leta 2000 dalje z delnim upoštevanjem izpiranja zaradi padavin.

## 3.2 Padavine

### 3.2.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Padavine smo vzorčili kontinuirano in merili enkrat mesečno v Ljubljani. V Murski Soboti, Bovcu in Novem mestu je bilo vzorčenje kontinuirano, meril se je trimesečni kompozitni vzorec.

Rezultati meritev so zbrani v prilogi A v tabelah od A.4 do A.8.

Letna količina padavin v letu 2018 v Ljubljani je bila 1377 mm, v Bovcu 2100 mm, v Novem mestu 1034 mm in v Murski Soboti 787 mm. Poleg umetnih radionuklidov Cs-137, Sr-90 in H-3 smo določali tudi naravne radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210, Th-228, Ra-228, K-40 ter kozmogeni Be-7.

Primerjava rezultatov 2018 z leti pred tem kaže, da so se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah oziroma radioaktivni used ni bistveno spremenil, kar je normalna posledica podobne količine padavin glede na pretekla leta. Prisotnosti naravnih radionuklidov ni smiselno komentirati, saj ne predstavljajo pravega atmosferskega useda.

Od umetnih radionuklidov sta dolgoročno opazna samo Cs-137 in Sr-90, vendar so specifične aktivnosti večkrat na meji detekcije, tako da so negotovosti pri meritvah precej velike. Najvišji letni used Cs-137 je bil izmerjen v Ljubljani  $2,1 \pm 0,2$  Bq/m<sup>2</sup>. Najvišji letni used Sr-90 je bil izmerjen v Bovcu  $0,75 \pm 0,23$  Bq/m<sup>2</sup>.

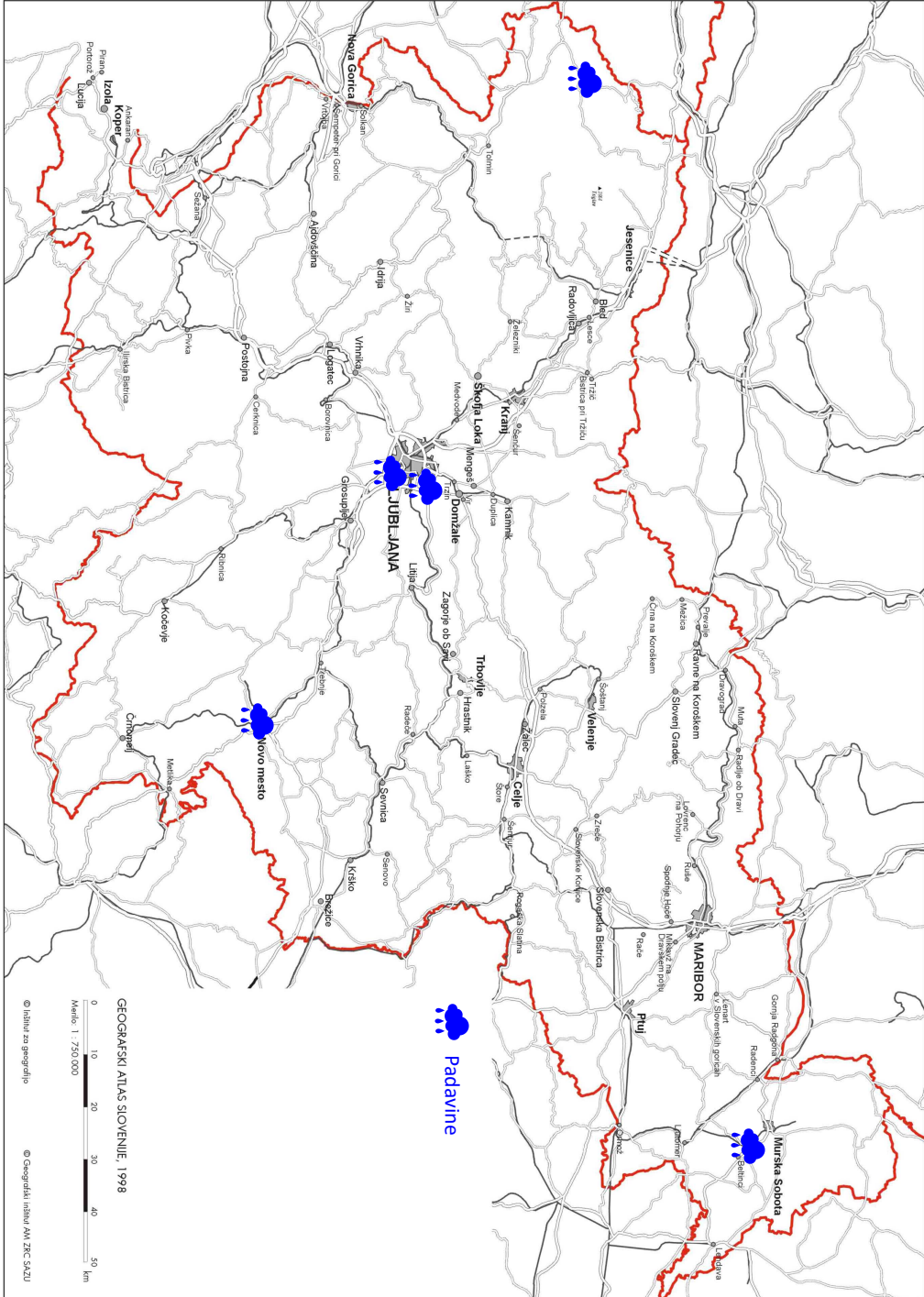
Od naravnih radionuklidov naj omenimo še skupne vrednosti kozmogenega Be-7, katerega rezultati znašajo od 290 Bq/m<sup>2</sup> v Murski Soboti do 1400 Bq/m<sup>2</sup> v Ljubljani.

### 3.2.2 Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90

V tabeli 3.1 so prikazane povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine povprečene na vse lokacije vzorčenja za obdobje od leta 2000 naprej. Dodane so tudi povprečne količine padavin na vseh merskih lokacijah za to obdobje.

**Tabela 3.1** | Povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij)

Leto	Radionuklid			Količina padavin (mm)
	Sr-90	Cs-137	Pb-210	
Letni used (Bq/m <sup>2</sup> )				
2000	0,77	2,7	36	1587
2001	0,37	1,9	29	1423
2002	0,35	2,2	60	1562
2003	0,36	3,0	145	1148
2004	0,49	2,2	133	1664
2005	1,92	1,5	153	1396
2006	0,33	0,8	98	1316
2007	0,40	1,9	97	946
2008	$0,57 \pm 0,10$	$1,3 \pm 1,4$	$102 \pm 37$	1736
2009	$0,61 \pm 0,47$	$1,73 \pm 0,90$	$171 \pm 77$	1686
2010	$0,90 \pm 1,00$	$2,56 \pm 0,95$	$147 \pm 85$	$1860 \pm 1172$
2011	$0,53 \pm 0,26$	$1,9 \pm 1,9$	$115 \pm 72$	$1161 \pm 680$
2012	$1,81 \pm 0,53$	$1,40 \pm 1,06$	$128 \pm 104$	$1503 \pm 873$
2013	$1,7 \pm 1,2$	$1,41 \pm 1,22$	$117 \pm 36$	$1596 \pm 760$
2014	$1,02 \pm 0,95$	$3,0 \pm 4,1$	$117 \pm 62$	$2002 \pm 1098$
2015	$0,53 \pm 0,65$	$1,8 \pm 2,0$	$118 \pm 83$	$1188 \pm 509$
2016	$0,76 \pm 0,68$	$1,1 \pm 0,6$	$159 \pm 81$	$1495 \pm 851$
2017	$1,0 \pm 1,00$	$1,0 \pm 0,9$	$141 \pm 140$	$1575 \pm 855$
2018	$0,25 \pm 0,35$	$0,83 \pm 0,85$	$191 \pm 140$	$1324 \pm 571$

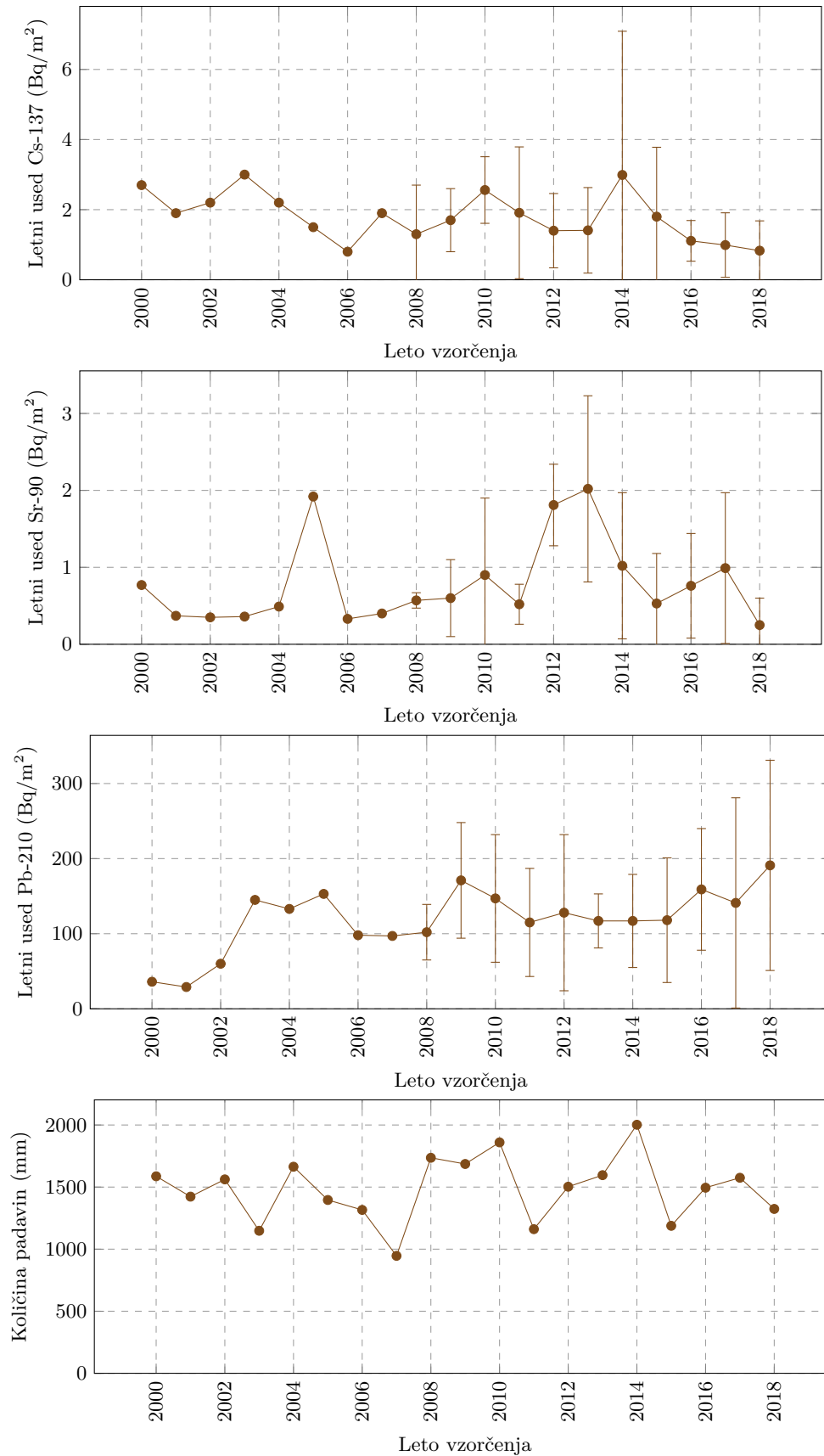


Silka 3.18 | Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.

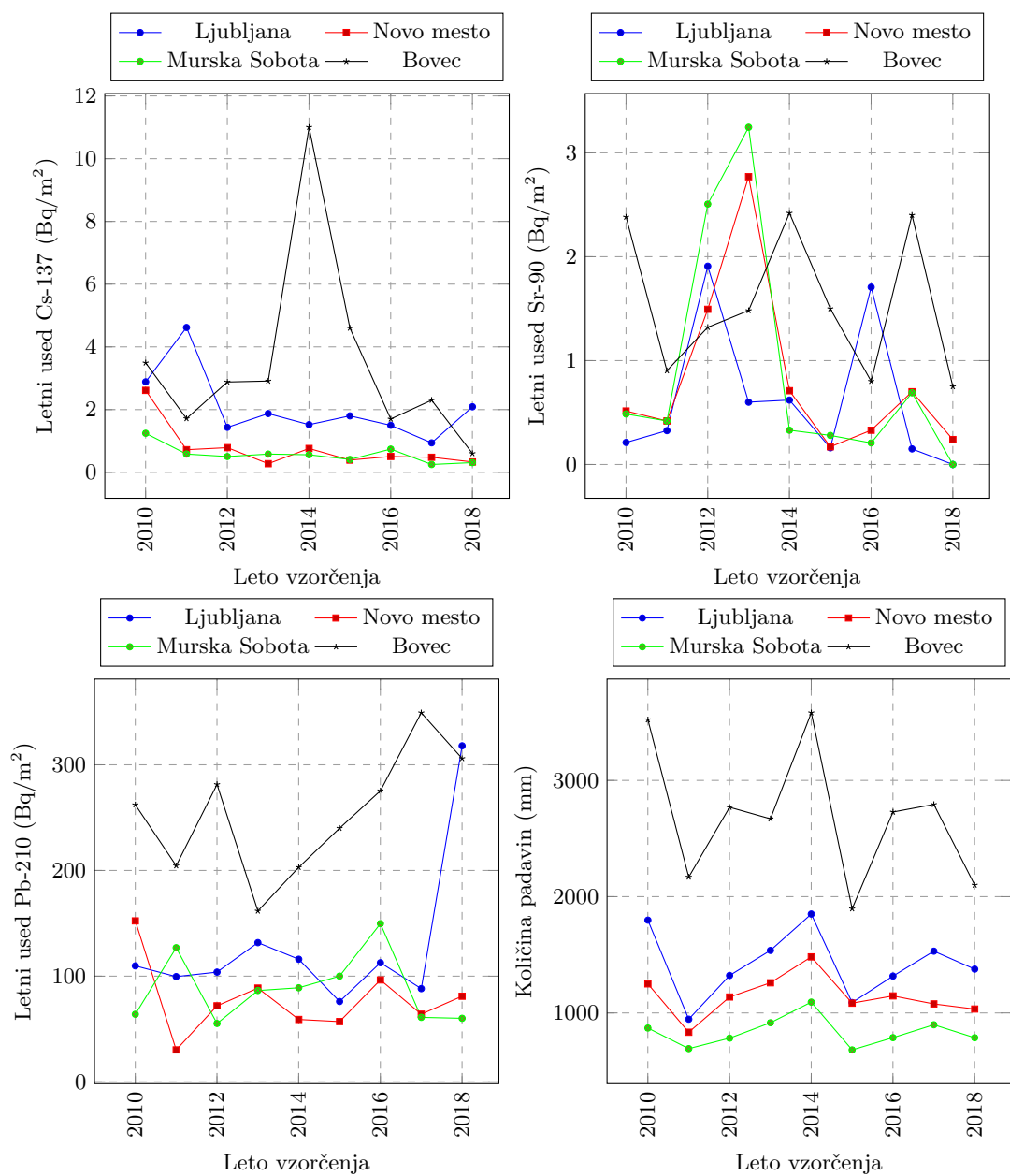
Iz rezultatov v tabeli 3.1 je razvidno, da vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 na enoto površine povprečene po lokacijah Slovenije variirajo z leti. Na sliki 3.19 je časovna odvisnost letnega useda od leta 2000 dalje prikazana na grafu. Relativno visoka vrednost za Sr-90 v 2005 v Ljubljani je posledica ene same visoke vrednosti, izmerjene v marcu 2005  $41,0 \pm 0,2 \text{ Bq/m}^3$ . Za leti 2012 in 2013 ugotavljamo, da je velika večina meritev aktivnosti Sr-90 pod mejo detekcije, ki ima dokaj velik razpon bodisi je nižja od tipično izmerjenih vrednosti bodisi višja. Ker v analizi pri izračunu povprečnih letnih vrednosti upoštevamo tudi vzorce z izmerki pod spodnjo mejo detekcije, je v teh letih potrebno povprečno vrednost upoštevati kot orientacijsko vrednost. Vendar pa, če primerjamo odvisnost letnega useda od letne količine padavin (prikazano na sliki 3.21), korelacija med njima ni zelo opazna. To najverjetneje pomeni, da ne glede na količino padavin, le-te izperejo praktično celotno aktivnost Sr-90 v zraku ali pa je metoda določevanja Sr-90 pri danih aktivnostih že nezanesljiva oziroma so aktivnosti že primerljive s spodnjo mejo detekcije. Zato tudi na letni ravni ni zaznati velikih variacij. Je pa na sliki 3.21 opazna korelacija za izotopa Cs-137 in Pb-210.

Primerjava rezultatov za merjene radionuklide pokaže, da se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah niso bistveno spremenile v primerjavi s prejšnjimi leti. Dejstvo pa je, da so koncentracije pogosto blizu meje detekcije, tako da so tudi merske negotovosti relativno velike in prispevajo k vsakoletnemu in medletnemu sipanju rezultatov.

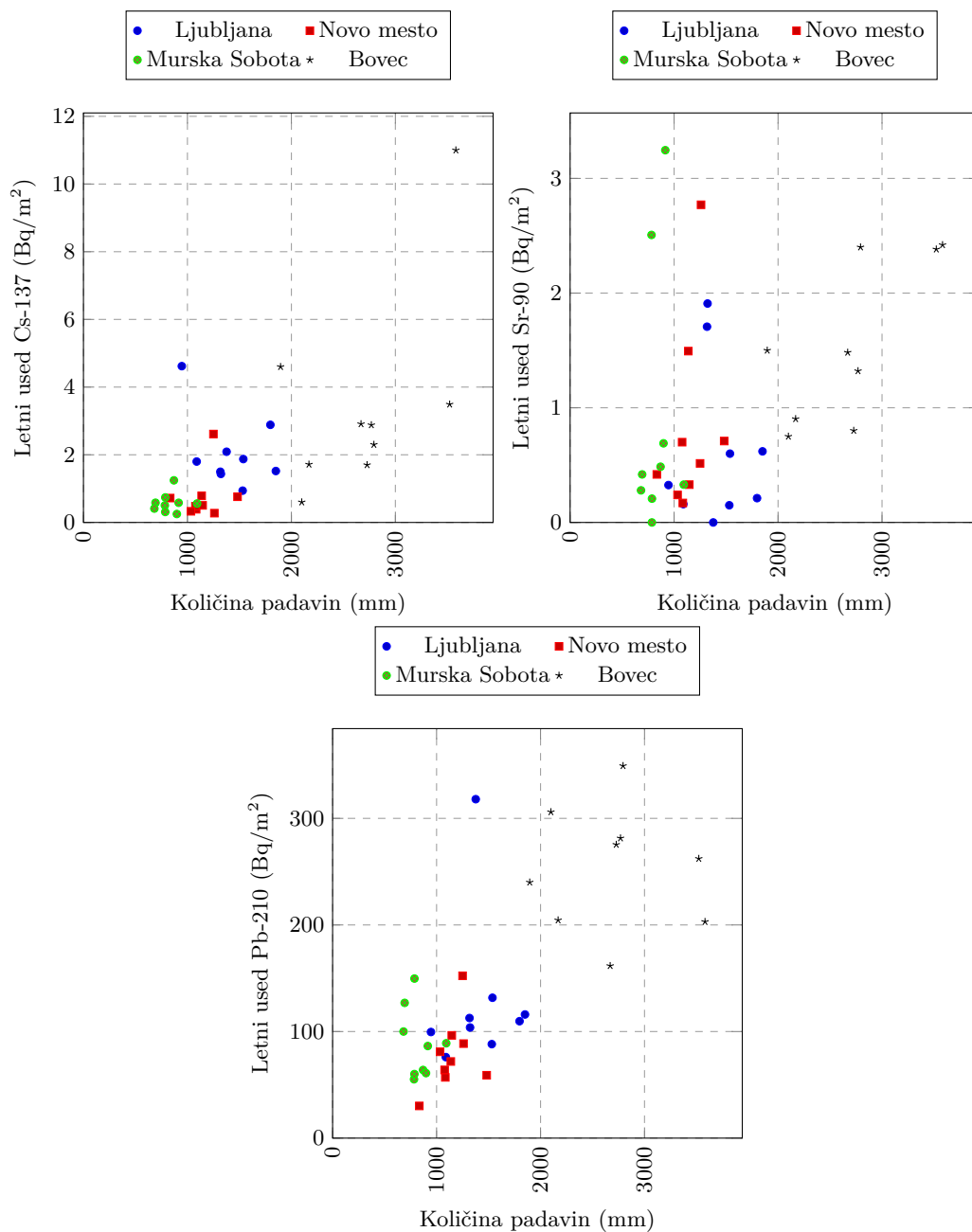
Največja odstopanja v rezultatih po posameznih trimesečjih povzročajo zimski meseci, ki so lahko zelo suhi ali pa obilni s padavinami (glej tabele z rezultati meritev od A.4 do A.8 v prilogi A).



**Slika 3.19** | Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji)



**Slika 3.20** | Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2010 dalje na posamičnih lokacijah: Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota in Bovec.

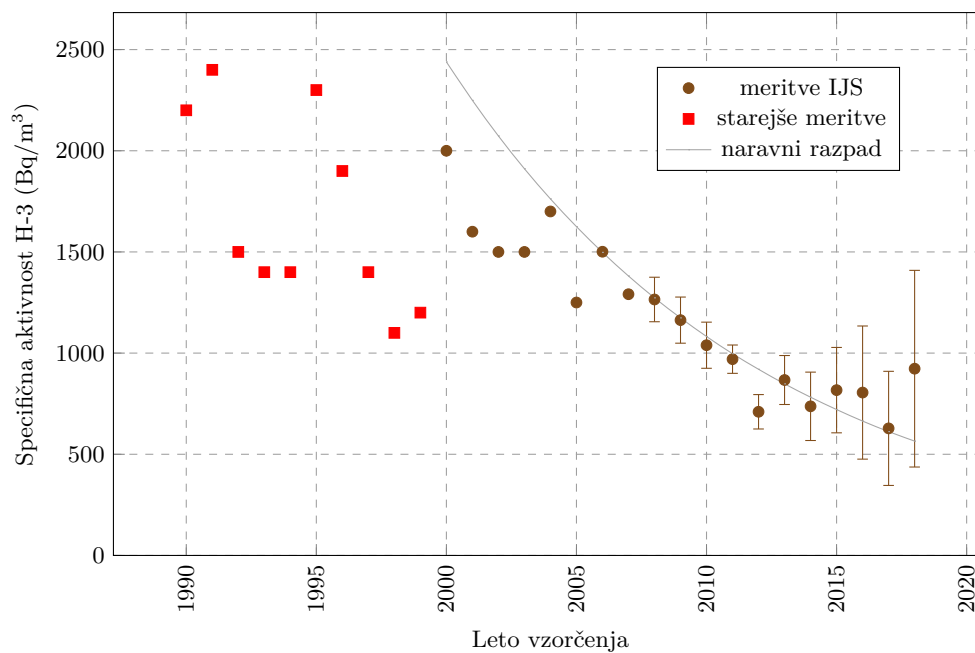


**Slika 3.21** | Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji od leta 2000 dalje.

### 3.2.3 Specifična aktivnost H-3

Meritve specifične aktivnosti H-3 v vzorcih padavin smo opravili le v mesečnih vzorcih iz Ljubljane (meritve je izvajal IJS). Rezultati meritev so prikazani v prilogi. Koncentracije aktivnosti H-3 v deževnici v letu 2018 so pod dolgoletnim povprečjem. Vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v obdobju od leta 1990 dalje se gibajo v območju 600-2400 Bq/m<sup>3</sup>. Povprečna letna koncentracija H-3 v letu 2018 je znašala  $920 \pm 490$  Bq/m<sup>3</sup>. Večja odstopanja med vrednostmi pri določenih letih pred 2000 so lahko posledica dveh različnih izvajalcev meritev, in sicer laboratorija IJS in Seibersdorf. V preteklosti smo preverili takšno domnevo in izvedli primerjavo meritev koncentracij H-3 v istih vzorcih v obeh laboratorijih (IJS in Seibersdorf). Rezultati so pokazali odstopanje tudi za faktor 2 (IJS izmeri višje vrednosti). Zaradi konsistentnosti v zadnjih letih vedno meritve izvaja IJS (O2).

Na sliki 3.22 so prikazane vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v vzorcih padavin iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje. Dolgoročni trend kaže padanje vrednosti, po letu 2000 izmerjene količine H-3 sledijo trendu naravnega radioaktivnega razpada z razpolovno dobo H-3 12,3 let. V letu 2018 so vrednosti sicer višje od pričakovanih po trendu radioaktivnega razpada, kar lahko delno pojasnimo z minimumom sončevega cikla (večje nastajanje kozmogenega H-3) ter korelacijo izpustov H-3 iz NEK in padavin v pomladnih in poletnih mesecih. Vrednosti pred letom 2000 so nižje od pričakovane ekstrapolacije za nazaj, vendar je to lahko posledica nezanesljivih meritev, kar delno potrdi tudi zgornje odstopanje izmerkov med dvema laboratorijema.



**Slika 3.22** | Povprečne letne specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje.

#### Viri H-3 v okolju

V splošnem se je s pojavom atmosferskih poskusov jedrskega orožja in razvojem jedrske energije količina H-3 v okolju sprva sicer dvignila, vendar je zaradi radioaktivnega razpada okrog 90 % aktivnosti, nastale od leta 1945 do poznih 60ih let, že izginila.



### Nastajanje z naravnimi procesi.

H-3 sicer v naravi nastaja predvsem v jedrskih reakcijah dušikovih in kisikovih jeder z visoko energijskimi kozmičnimi žarki v zgornjih plasteh atmosfere, kjer skoraj 99 % nastalega H-3 oksidira v tritirano vodo (HTO) in s padavinami preide v površinske vode. Letna naravna produkcija H-3 v atmosferi ob upoštevanju radioaktivnega ravnovesja tako znaša 0,15-0,20 kg oziroma  $5,0\text{-}7,0\cdot 10^{16}$  Bq [44]. Zaradi naravnega nastajanja zaradi kozmičnih žarkov je v okolju tako stalno okrog 3,5 kg H-3 oziroma  $1,2\cdot 10^{18}$  Bq.

### Umetni viri.

Veliko različnih radionuklidov, vključno s H-3, je bilo izpuščenih v okolje med izvajanjem atmosferskih poskusov jedrskega orožja, ki so bili izvedeni večinoma med letoma 1945 in 1963. Tako je z jedrskimi poskusi v okolju nastalo približno 650 kg H-3 oziroma  $2,3\cdot 10^{20}$  Bq (80% na severni in 20% na južni polobli). Ob upoštevanju radioaktivnega razpada z razpolovnim časom 12,3 let je od teh poskusov v atmosferi leta 2007 prisotnih še 40 kg H-3 oziroma še  $1,4\cdot 10^{19}$  Bq [45, 46].

Med jedrskimi objekti, ki prispevajo k izpustom H-3 v okolje, so tlačnovodni reaktorji in obrati za predelavo jedrskega goriva. Pri reaktorjih hlajenih in moderiranih s težko vodo H-3 nastaja z nevtronsko aktivacijo devterija, kjer tako letno nastane okrog 1,9 g oziroma  $6,8\cdot 10^{14}$  Bq H-3 za reaktor z močjo 900 MWe, prispevek pa je mnogo večji od prispevka izpustov tlačnovodnih reaktorjev, kjer H-3 nastaja z zajetjem nevtronov v B-10, ki je sestavni del primarnega hladila (borova kislina), in sicer letno okrog 0,03 g oziroma  $1,1\cdot 10^{13}$  Bq H-3 za reaktor z močjo 900 MWe ali 0,09 g oziroma  $3,2\cdot 10^{13}$  Bq H-3 za reaktor z močjo 1300 MWe. Zelo majhen del H-3 nastane tudi s cepitvijo nekaterih uranovih in plutonijevih izotopov, ki pa skoraj v celoti ostane v gorivu samem. Trenutna inštalirana moč vseh jedrskih reaktorjev je okrog 384000 MWe [47], od tega znaša delež težkovodnih reaktorjev okrog 5 % [48].

H-3 v obsevanem gorivu se večinoma izloči med predelavo goriva pri rezanju gorivnih palic, v okolje pa prehaja v obliki tritirane vode med tekočimi izpusti. V obratu La Hague (FR) izpustijo letno približno 30 g oziroma  $10^{16}$  Bq H-3 za vsakih 1600 ton jedrskega materiala, v obratu Sellafield (VB) pa letno približno 8 g oziroma  $2,8\cdot 10^{15}$  Bq H-3 [44].

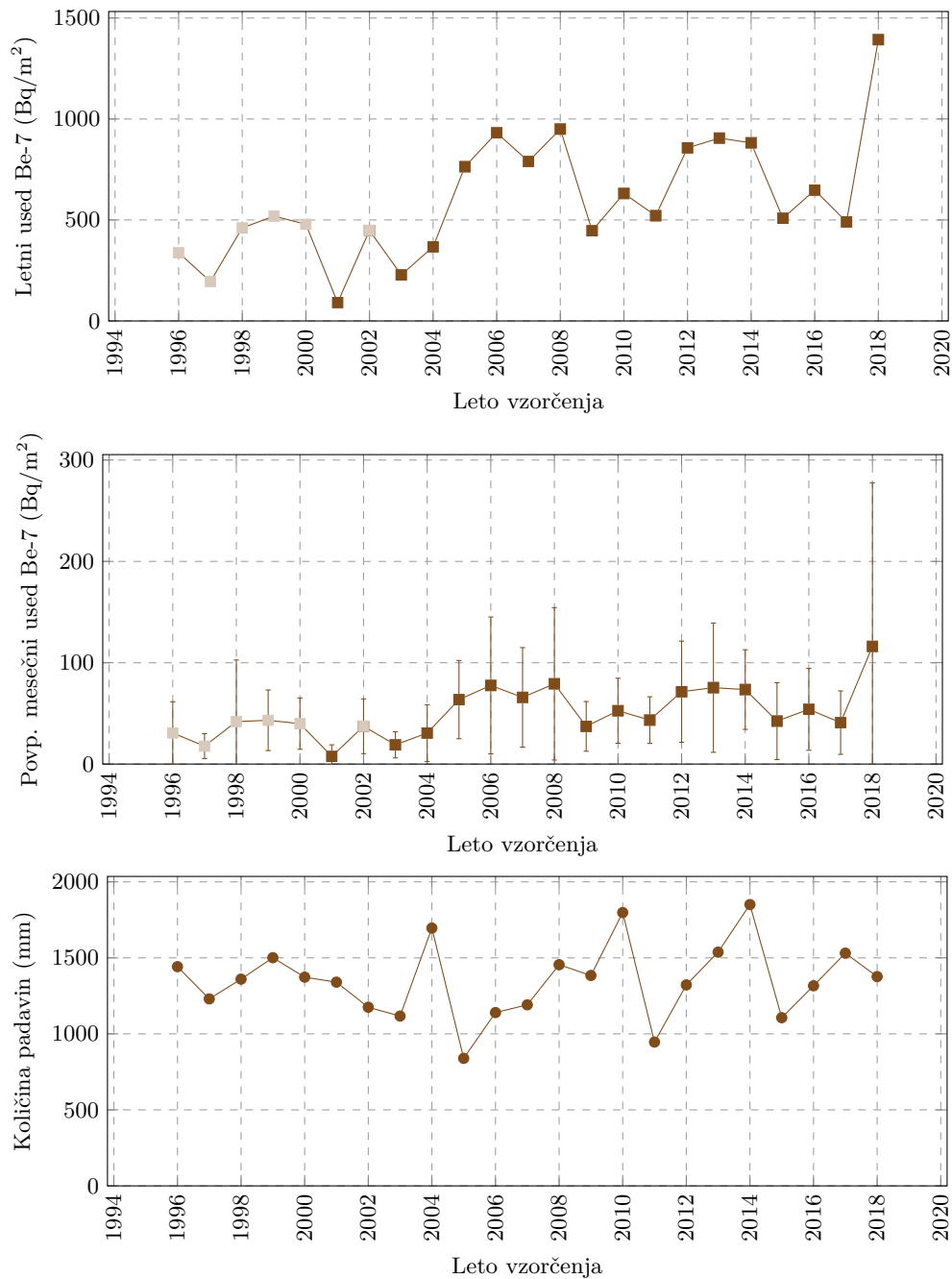
### 3.2.4 Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

Na sliki 3.23 so predstavljene dolgoročne meritve vsebnosti kozmogenega Be-7 v padavinah iz Ljubljane (od leta 2000 dalje). Posebej podajamo skupni letni used (Bq/m<sup>2</sup>) in povprečni mesečni used (Bq/m<sup>2</sup>) ter za orientacijo še količino padavin.

Posebej so v grafih označene starejše vrednosti v letih do 2000 in v letu 2002, kjer so koncentracije useda Be-7 izračunane na podlagi specifične aktivnosti zbranega vzorca padavin na enoto mase. V obdobju enomesečnega zbiranja padavin lahko del vzorca tudi izpari, kar pomeni, da so vrednosti navedene v grafih lahko celo za faktor 1-2 previsoke.

V letih okrog 2007 in v letu 2018 so opazne višje koncentracije Be-7 glede na prejšnja leta, in sicer približno za polovico. Podobno kot za vzorce zraka, lahko takšno povečanje pojasnimo s sončevim ciklusom, ki je podrobno opisan že v podpoglavju 3.1.3.

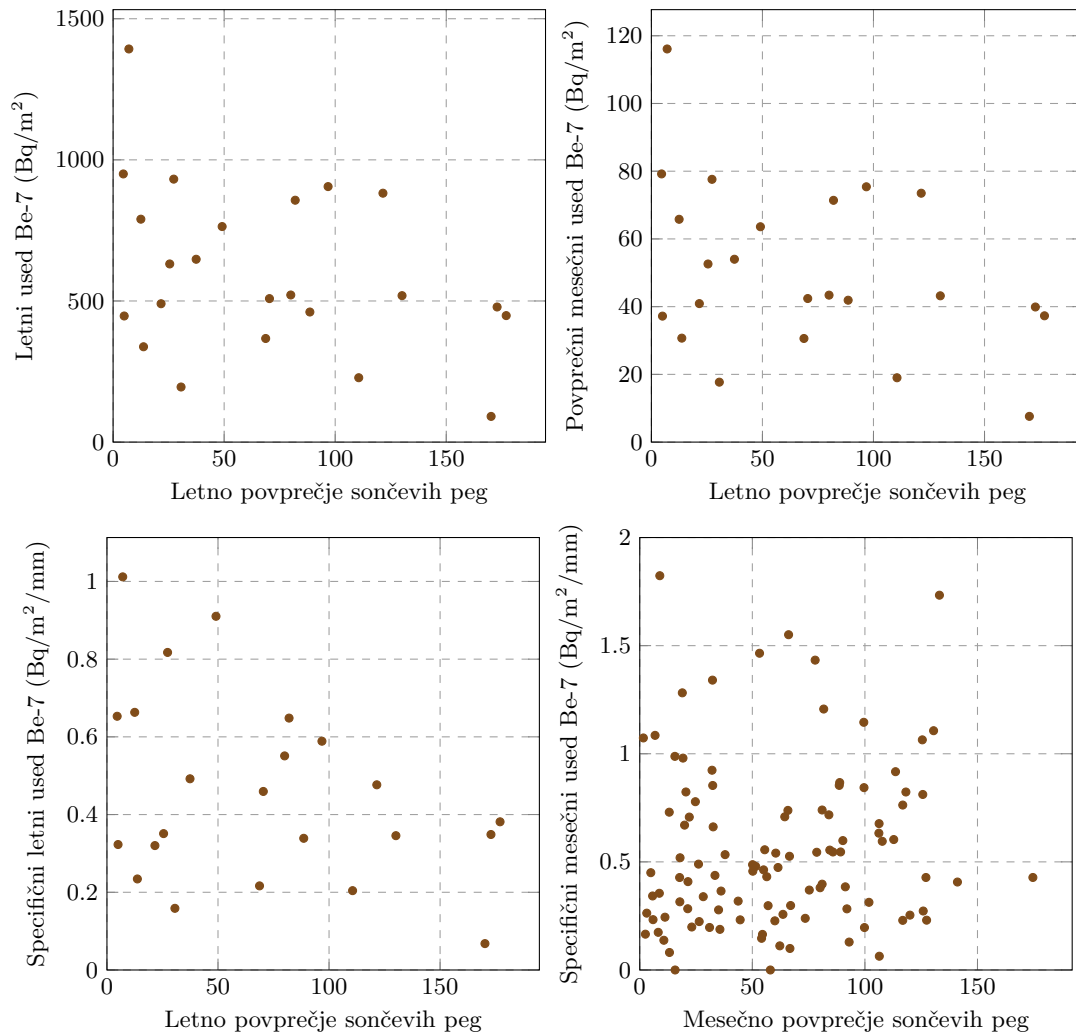
Odvisnost useda Be-7 v padavinah od sončeve aktivnosti je vidna na sliki 3.24, kjer je zgoraj prikazana medsebojna odvisnost letnega oziroma povprečnega mesečnega useda od števila sončevih peg. Used je jasno neposredno odvisen od količine padavin, ki izpirajo Be-7 iz zraka, zato je smiselno takšno izpiranje upoštevati. Tako lahko določimo nekakšen specifični letni oziroma mesečni used (letni oziroma mesečni used Be-7 preračunan na letno oziroma mesečno količino padavin), ki je prikazan na sliki 3.24



**Slika 3.23** | Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje.

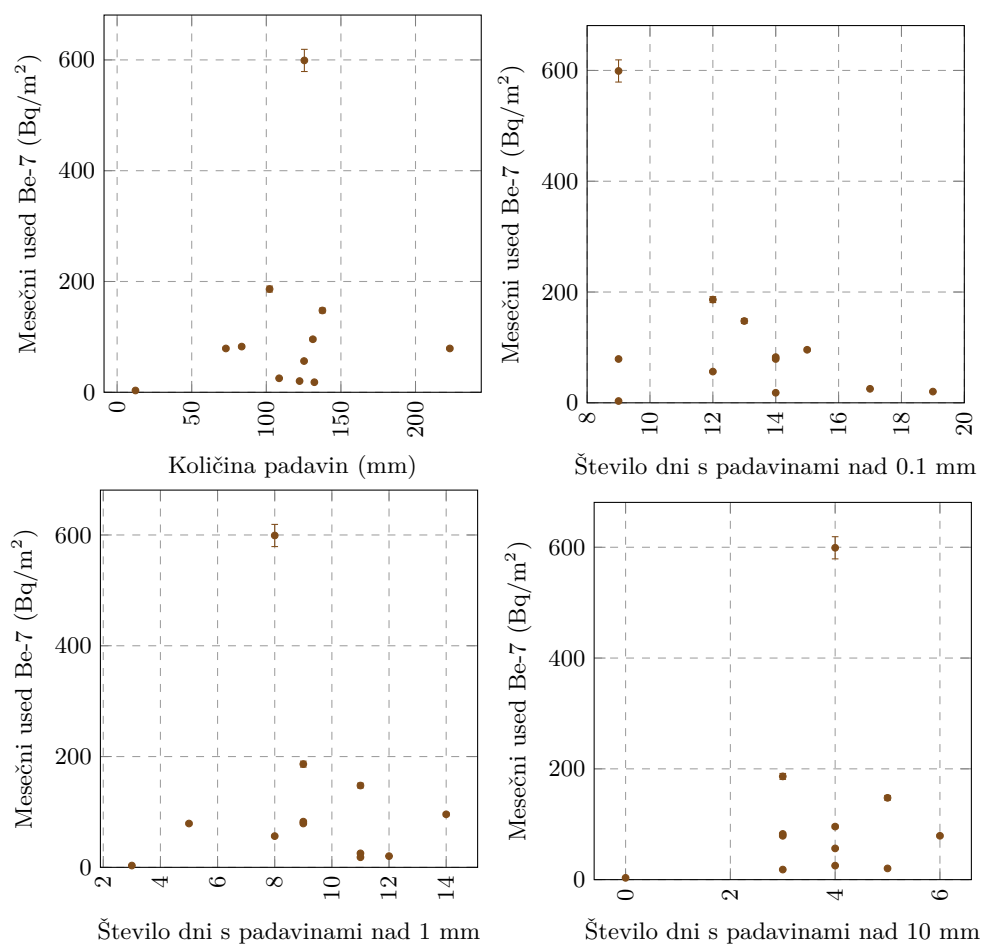
spodaj. Antikorelacija teh specifičnih usedov je le delno vidna le na letnem nivoju, ni pa tako izrazita kot pri zraku (slika 3.16). Razliko lahko pojasnimo s samo dinamiko izpiranja, saj v primeru obilnih padavin, lahko kmalu pride do popolnega izpiranja Be-7 iz zraku, preračun specifičnega useda pa zaradi velike količine padavin da zelo nizko vrednost, delno pa lahko prispeva tudi zgoraj omenjena izguba vzorca zaradi izparevanja.

Pri mesečnem usedu pa ni pomembna samo količina padavin, ampak tudi način izpiranja, npr. kratke močne plohe ali dolgotrajne minimalne padavine. Smiselno je torej poleg količine padavin upoštevati še število dni z zadostnimi padavinami, saj pri dnevni



**Slika 3.24** | Korelacija skupnega letnega useda, povprečnega mesečnega useda in specifičnega letnega ter specifičnega mesečnega useda Be-7 s sončevim ciklom od leta 1996 dalje.

padavinah  $< 1$  mm izpiranje ni nujno dovolj učinkovito. Zato so na sliki 3.25 prikazane korelacije tudi s takšnimi podatki – število dni s padavinami nad določeno količino.



**Slika 3.25** | Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2018).

### 3.3 Tekoče vode

#### 3.3.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve tekočih vod so bile opravljene na istih lokacijah kot v prejšnjih letih, in sicer v dveh enkratnih vzorcih rek Save v Ljubljani in Brežicah, Drave pri Dravogradu, Mure pri Petanjcih, Savinje pod Celjem, Krke pri Otočcu, Soče pri Solkanu in Kolpe pri Vinici ter morja in sedimenta v Piranu. V vzorcih rek Save, Drave in Mure so bile opravljene meritve specifične aktivnosti H-3 ter Sr-90. V rekah Muri in Dravi so se opravljale trimesečne enkratne meritve specifične aktivnosti I-131.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah od A.9 do A.16.

V vzorcih rek smo merili umetne radionuklide Cs-137, Sr-90 in H-3, ki so produkt človekovih dejavnosti, ter I-131, ki se uporablja v terapevtske namene v bolnišnicah v Sloveniji in v Avstriji, in sicer izpusti iz Onkološkega instituta in Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana v Savo, bolnice v Celovcu v Dravo in bolnice v Gradcu v Muri. Določali smo tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov uranove in torijeve vrste ter K-40 in Be-7. Najvišje izmerjene koncentracije in povprečne vrednosti so predstavljene v spodnji tabeli 3.2.

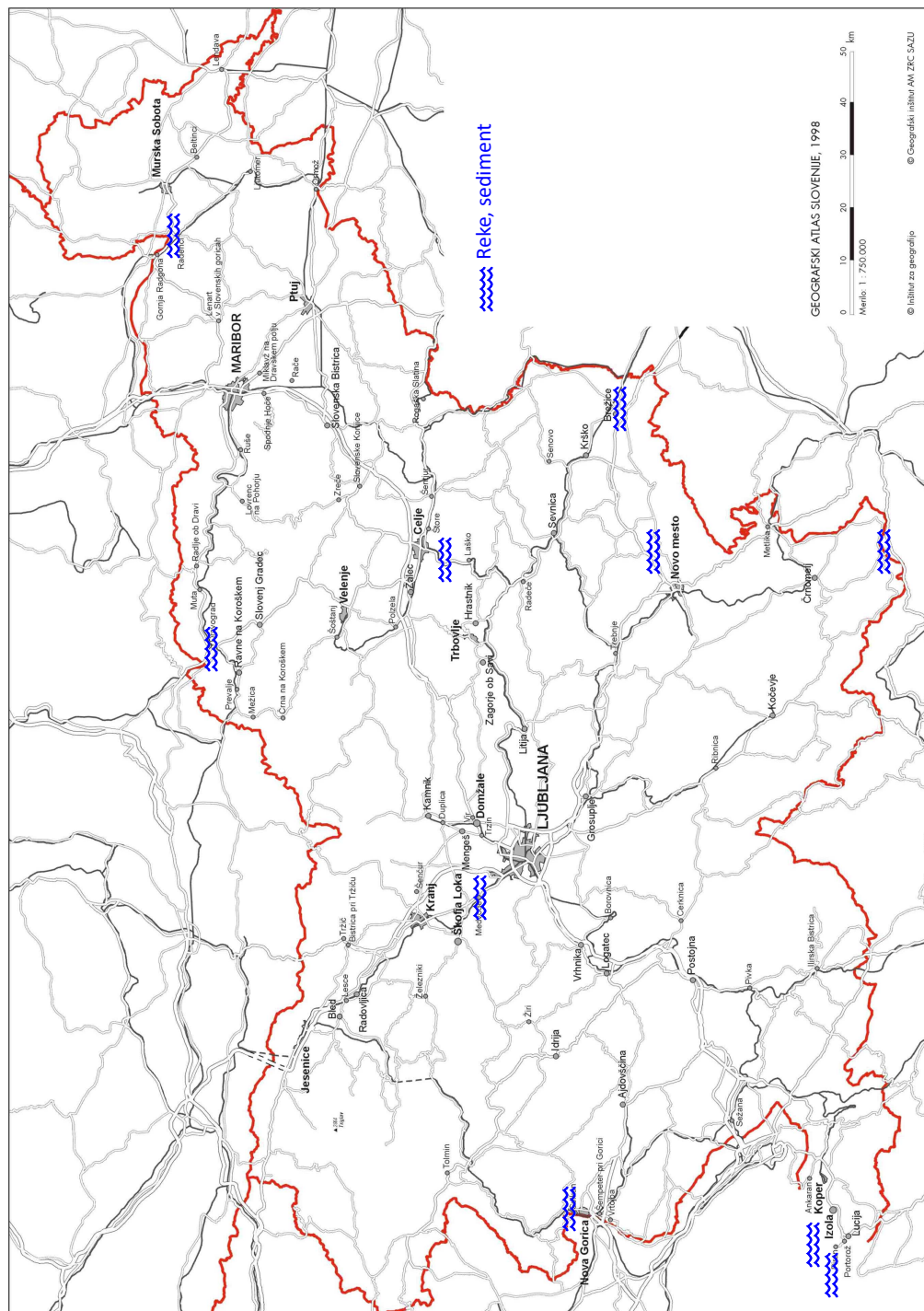
**Tabela 3.2** | Najvišje izmerjene,  $A_{\max}$ , in povprečne koncentracije,  $\bar{A}$ , radionuklidov v vzorcih tekočih vod

Radionuklid	$A_{\max}$ (Bq/m <sup>3</sup> )	Lokacija	$\bar{A}$ (Bq/m <sup>3</sup> )
Cs-137	0,45	Savinja	0,11 ± 0,05
Sr-90	2,9	Mura	1,9 ± 0,1
I-131	12	Sava - Laze	1,9 ± 0,2
H-3	900	Mura	780 ± 90
Pb-210	14	Kolpa	3,2 ± 3,2
K-40	286	Savinja	64 ± 7
Be-7	17	Kolpa	6,3 ± 1,2

Iz tabele meritev A.10 vidimo, da je koncentracija K-40 v Savinji pri Celju in v Muri pri Petanjcih za približno en velikostni red višja kot na drugih mestih. Z meritvami potrjene razlage za to ni, najverjetneje je posledica uporabe izdelkov v poljedelstvu (npr. umetnih gnojil), ki vsebujejo večje količine kalija. Predlagamo, da se v na poljedelsko intenzivnih območjih Slovenije testno izmeri tudi koncentracije K-40 v obdelovalni zemlji ter drugih pritokih rek, iz česar bi lahko potem sklepali glede povečanja v Savinji in Muri.

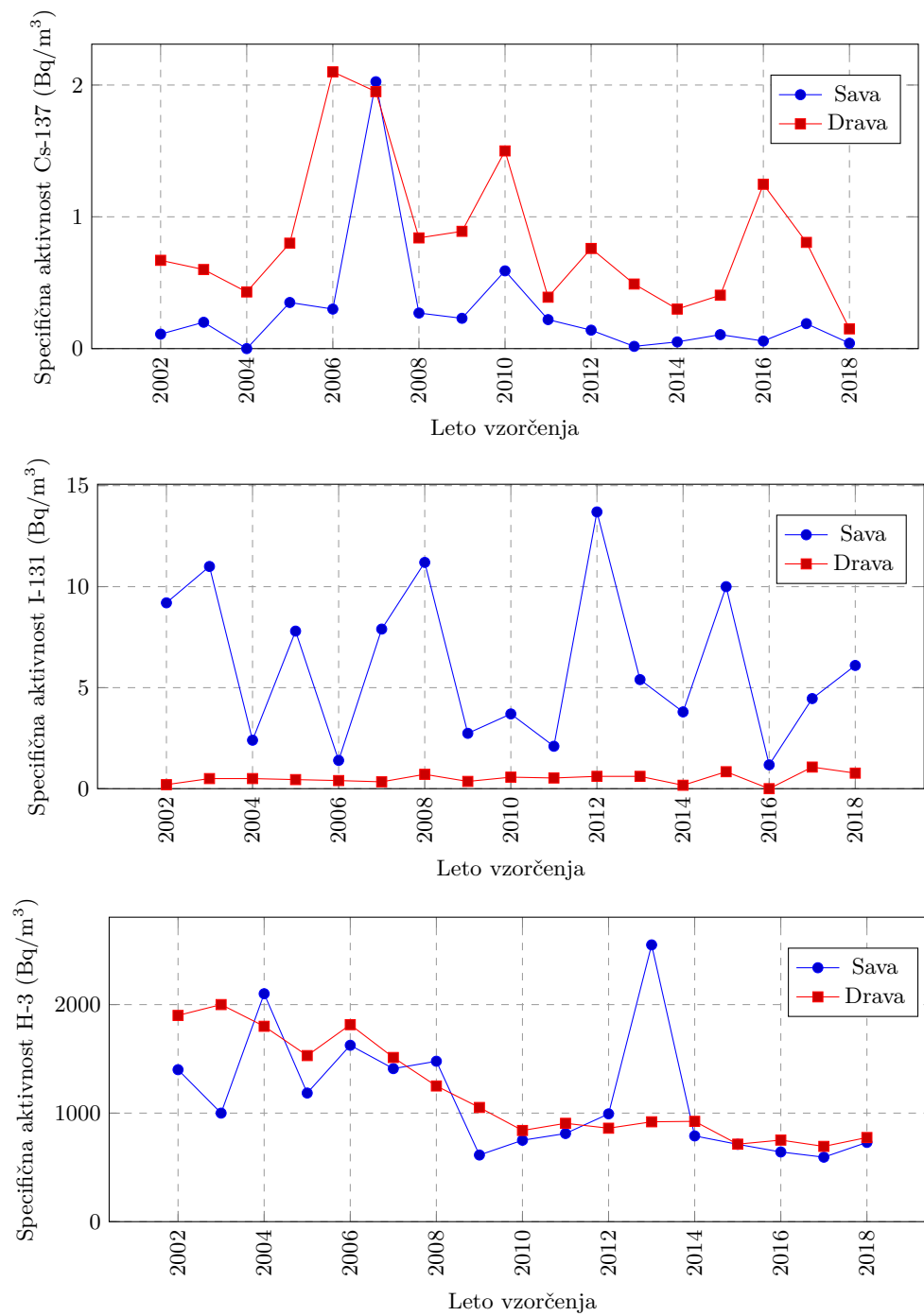
#### 3.3.2 Dolgoročni trendi

Na sliki 3.27 so prikazane povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v rekah Savi (povprečje lokacije pri Ljubljani in Brežicah) in Dravi v Dravogradu za obdobje od leta 2002 dalje. V letu 2007 opazimo navidezno višjo vrednost koncentracij Cs-137 v reki Savi, vendar lahko ugotovimo, da je bila koncentracija pod mejo detekcije, ki je bila v tem primeru višja za to specifično meritev. Enako velja tudi za koncentracije Cs-137 v reki Dravi v letih 2006 in 2007. V okviru dolgoročnih meritev opazimo lahko tudi, da je I-131 prisoten v Savi (Ljubljana in Brežice), Savinji in Dravi, kar je najbrž posledica izpustov I-131 iz Univerzitetnega kliničnega centra in Onkološkega instituta v Ljubljani, Splošne bolnišnice v Celju in iz avstrijskih bolnic gorvodno od Dravograda, kjer izvajajo terapijo z omenjenim izotopom in kjer so lahko izmerjene koncentracije močno odvisne od dneva vzorčenja. Zaključke o razmerjih izotopa v obeh rekah pa je zaradi narave izvajanja terapevtskih postopkov in le dveh letnih meritev enkratnih



Slika 3.26 | Lokacije vzorčenja tekočih vod.

vzorcev težko podati.



**Slika 3.27** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v reki Savi (povprečje lokacij Ljubljana in Brežice) in Dravi od leta 2002 dalje.

## 3.4 Zemlja

### 3.4.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Zemljo smo v letu 2018 vzorčili v spomladanskem in jesenskem obdobju na novih treh globinah 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, in sicer na lokacijah Ljubljana (IJS), Kobarid in Murska Sobota (obe ZVD). Do leta 2017 smo vzorčili na teh istih lokacijah ampak na drugačnih globinah, in sicer 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm. Od leta 2009 dalje IJS vzorči zemljo v Ljubljani na lokaciji Ceste dveh cesarjev, prejšnja leta pa je na tej lokaciji vzorčil ZVD (v letu 2008 in 2006 je vzorčenje potekalo na lokaciji IJS Podgorica).

Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so prikazani v prilogi A v tabelah od A.17 do A.20 ter na sliki 3.29.

Specifične aktivnosti v vseh treh plasteh so v prilogi A prikazane v enotah Bq/kg posušene zemlje in tudi preračunane na enoto površine v Bq/m<sup>2</sup>. Pri tem so preračunane tudi vrednosti za naravne radionuklide, za katere pa vemo, da ne predstavljajo površinske kontaminacije.

#### Ljubljana.

V vzorcih zemlje iz Ljubljane je bilo povprečje specifične aktivnosti v vseh treh plasteh  $44 \pm 2$  Bq/kg Cs-137 in  $1,4 \pm 0,1$  Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 v globljih plasteh nižja, vsebnost Sr-90 pa z globino narašča.

#### Kobarid.

V vzorcih zemlje iz Kobarida je bilo povprečje specifične aktivnosti  $85 \pm 4$  Bq/kg Cs-137 in  $3,1 \pm 0,6$  Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh nižja.

#### Murska Sobota.

V vzorcih zemlje iz Murske Sobote je bilo povprečje specifične aktivnosti Cs-137  $12 \pm 1$  Bq/kg in Sr-90  $5,3 \pm 0,3$  Bq/kg, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 in Sr-90 v globljih plasteh nižja.

#### Vpliv značilnosti mikrolokacij.

Zaradi značilnosti terena, kotanjavosti, nagnjenosti, difuzijskih lastnosti zemlje in lokalnih posebnosti padavin v času černobilske nesreče, se vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 ali Sr-90 močno razlikujejo že na lokalni ravni. Že na razdalji nekaj metrov med lokacijama vzorčenja se lahko specifične aktivnosti razlikujejo za nekajkrat. Očitno so difuzijski procesi Sr-90 in Cs-137 v različnih tipih zemlje različni, kar potrjujejo tudi različni globinski profili v prejšnjih letih, ki med seboj niso popolnoma konsistentni.

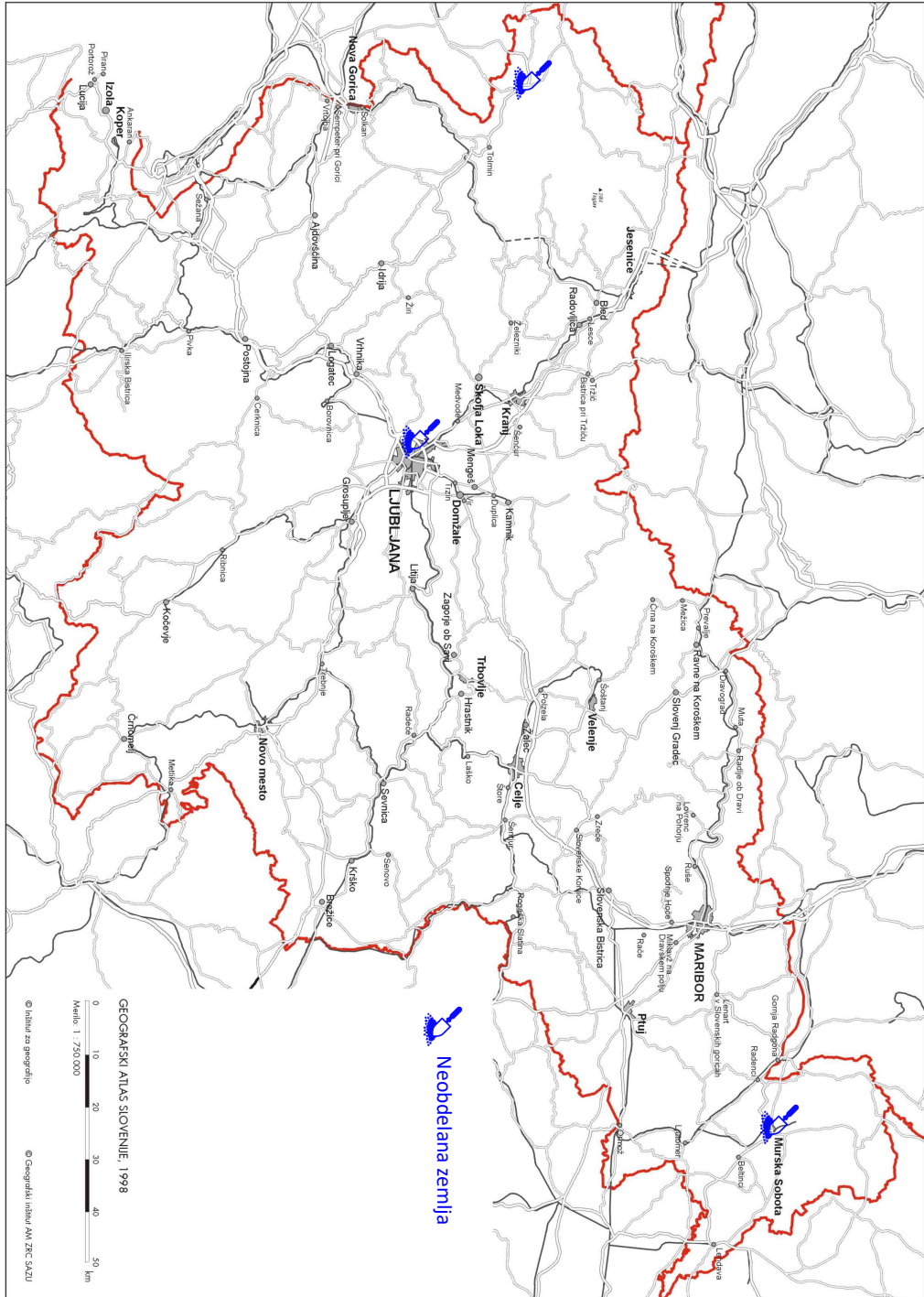
#### Menjava vzorčevalnih globin.

Z menjavo globin vzorčenja zemlje smo v letu 2018 prešli z 0–5 cm, 5–10 cm in 10–15 cm na 0–10 cm, 10–20 cm in 20–30 cm. Prejšnja leta smo ugotavljali vedno nižje koncentracije v zgornjih plasteh, kjer je najverjetneje že prišlo do prehajanja radionuklidov v globlje plasti. Z novimi meritvami smo to tudi potrdili.

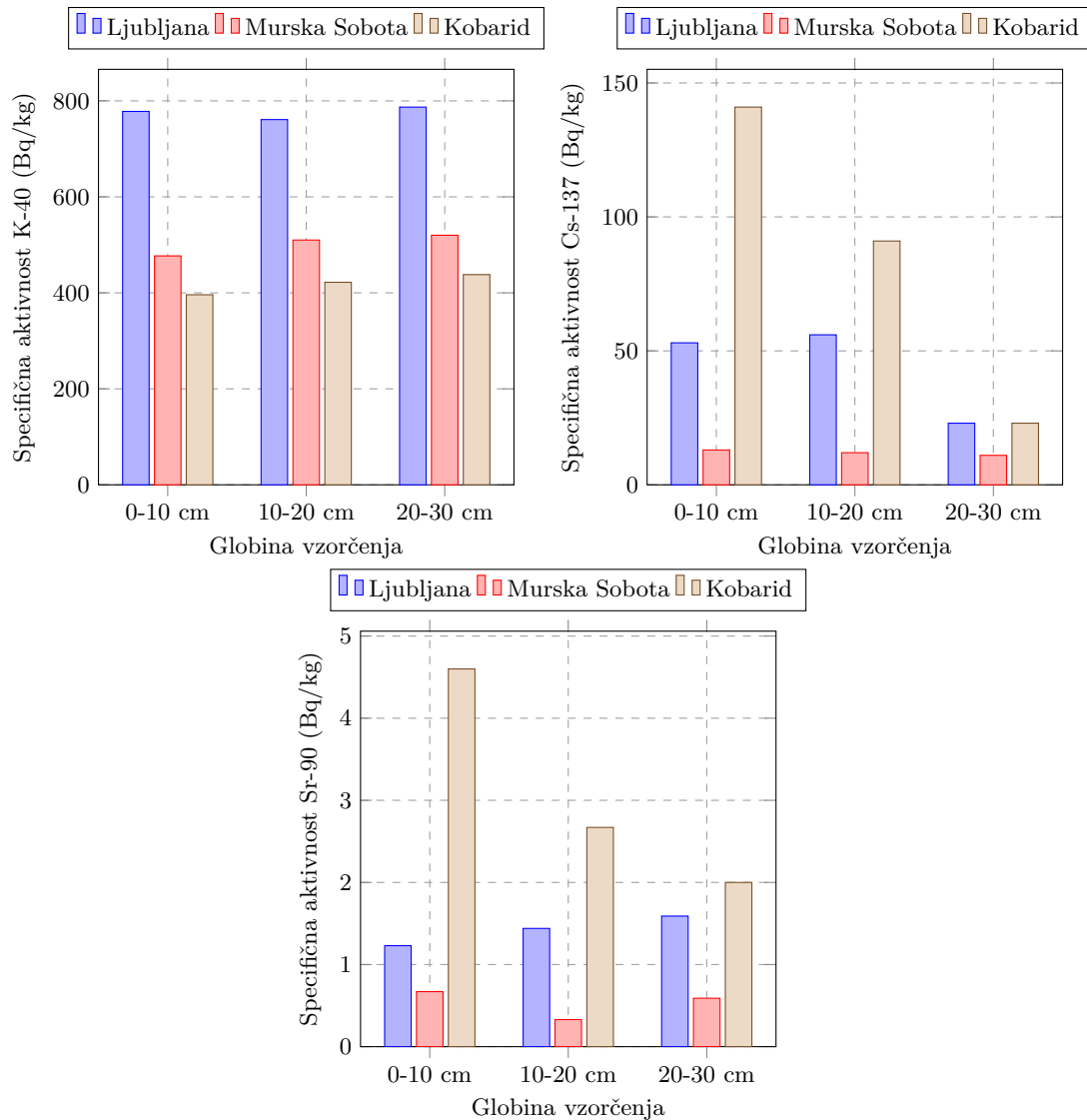
### 3.4.2 Dolgoročni trendi

Na slikah 3.30, 3.31 in 3.32 so do vključno leta 2017 prikazane časovne odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v plasti 0-5 cm za Ljubljano, Kobarid in Mursko Soboto za obdobje od leta 1986 dalje (za izotop Cs-137 so prikazane vse plasti 0–5 cm, 5–10 cm in 10–15 cm). Poleg povprečnih letnih specifičnih aktivnosti so za primerjavo prikazane tudi vrednosti za naravni radioaktivni razpad omenjenih radionuklidov za isto





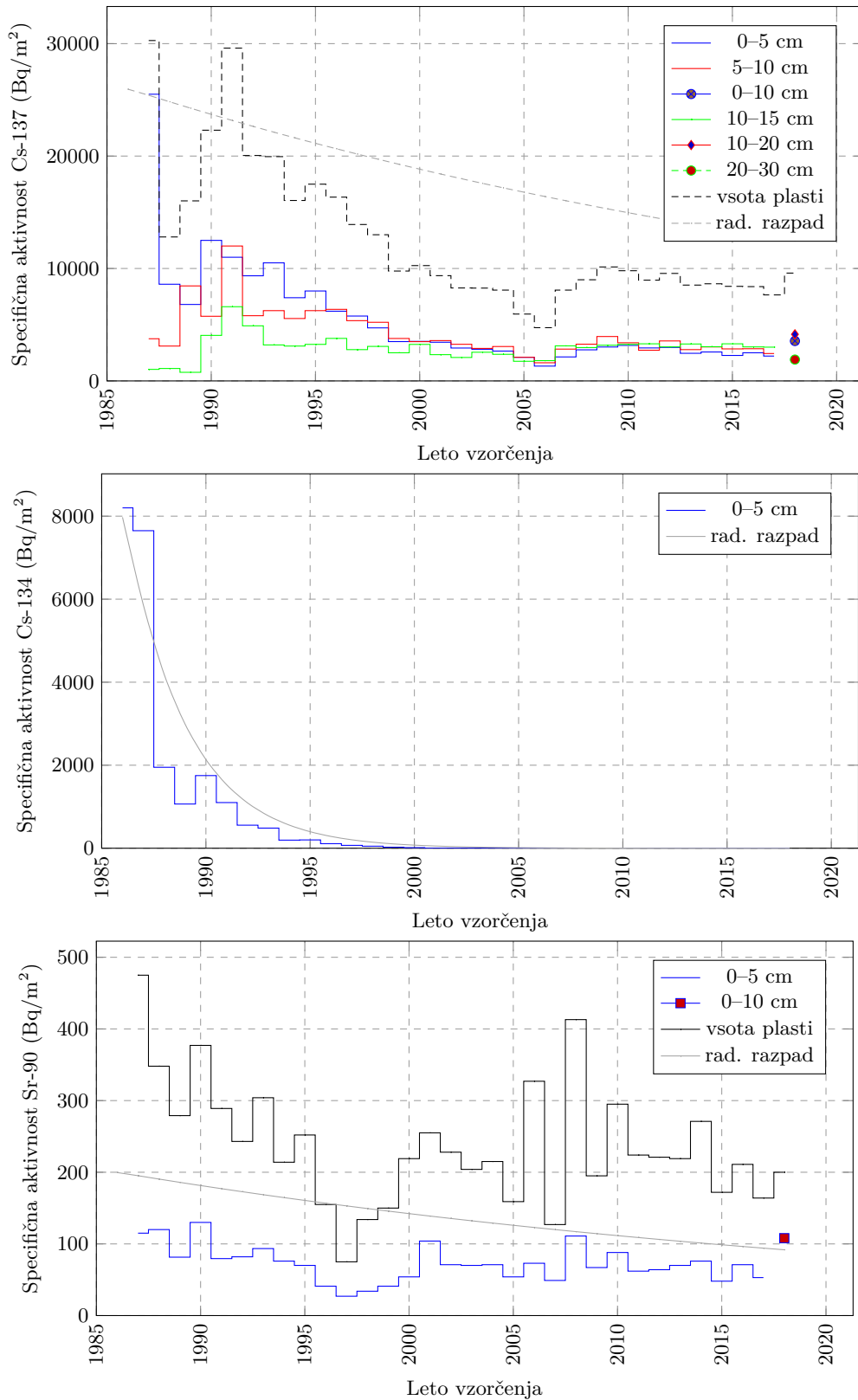
Slika 3.28 | Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.



**Slika 3.29** | Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji

obdobje za pripovršinsko plast (označene s polno črto), ob privzetih začetnih vrednostih, izmerjenih v aprilu 1986. Koncentracije radionuklidov v zemlji ne sledijo eksponentni funkciji radioaktivnega razpada, saj izotopi dodatno difundirajo v globlje plasti zemlje in so sedaj že tudi globlje od 15 cm, kar smo potrdili z meritvami v letu 2018, ko smo začeli vzorčiti zemljo z globin 0–10 cm, 10–20 cm in 20–30 cm. Te meritve so na slikah 3.31 in 3.32 posebej označene, a jih je težko primerjati s starejšimi meritvami.

Iz slik 3.30, 3.31 in 3.32 je razviden trend padanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 zaradi migracije v druge plasti in radioaktivnega razpada. Pri izotopu Cs-134 zaradi krajšega razpolovnega časa, procesov migracije ni opaziti, saj je npr. v Murski Soboti tako rekoč ostal le v prvi plasti in tam razpadel (pod mejo detekcije). Za zemljo v Murski Soboti podobno velja tudi za Sr-90, saj specifična aktivnost sledi zmanjševanju zaradi naravnega radioaktivnega razpada. Na slikah od 3.30 do 3.32, kjer posebej analiziramo obnašanje Cs-137, lahko iz primerjave njegove aktivnosti v različnih plasteh pri meritvah do leta 2017 ugotovimo, da počasi aktivnosti v globljih plasteh postajajo



**Slika 3.30** | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

višje od aktivnosti v pripovršinski plasti (v Ljubljani in Kobaridu že od približno leta 2000 dalje, v Murski Soboti pa šele ob okvirno leta 2006). To potrjuje zgoraj omenjeno hipotezo, da so mehanizmi difundiranja v spodnje plasti zelo različni od vrste zemlje. V letu 2018 vzorčimo v globljih plasteh in meritve potrjujejo prehajanje radionuklidov v te plasti.

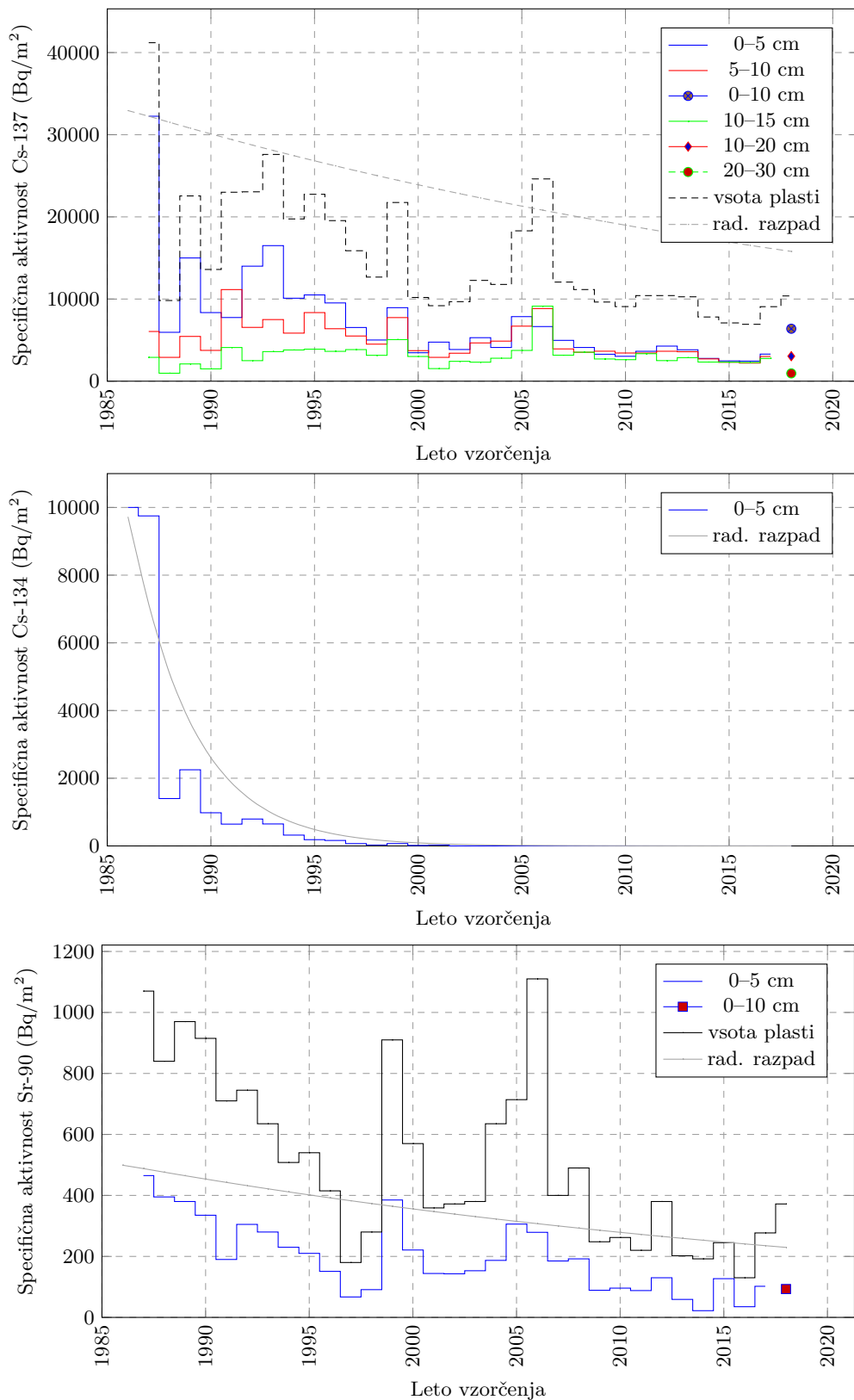
Zaradi migracije radionuklida Cs-137 v globlje plasti, je smiselna primerjava celotnega depozita v vsej globini vzorčenja do leta 2017 torej od 0 do 15 cm oziroma od leta 2018 dalje od 0 do 30 cm, in ne le depozita v zgornji plasti 5 cm.

V prvih letih po črnobilski nesreči je v celotnem depozitu v globini 0-15 cm tudi depozit zaradi bombnih poskusov. Za zadnjih 10 let pa lahko rečemo, da je celotni depozit v globini 0-15 cm posledica črnobilske nesreče, saj so radionuklidi sproščeni ob poskusih razstrelitev jedrskih bomb že migrirali v plasti v globini 30 cm in več.

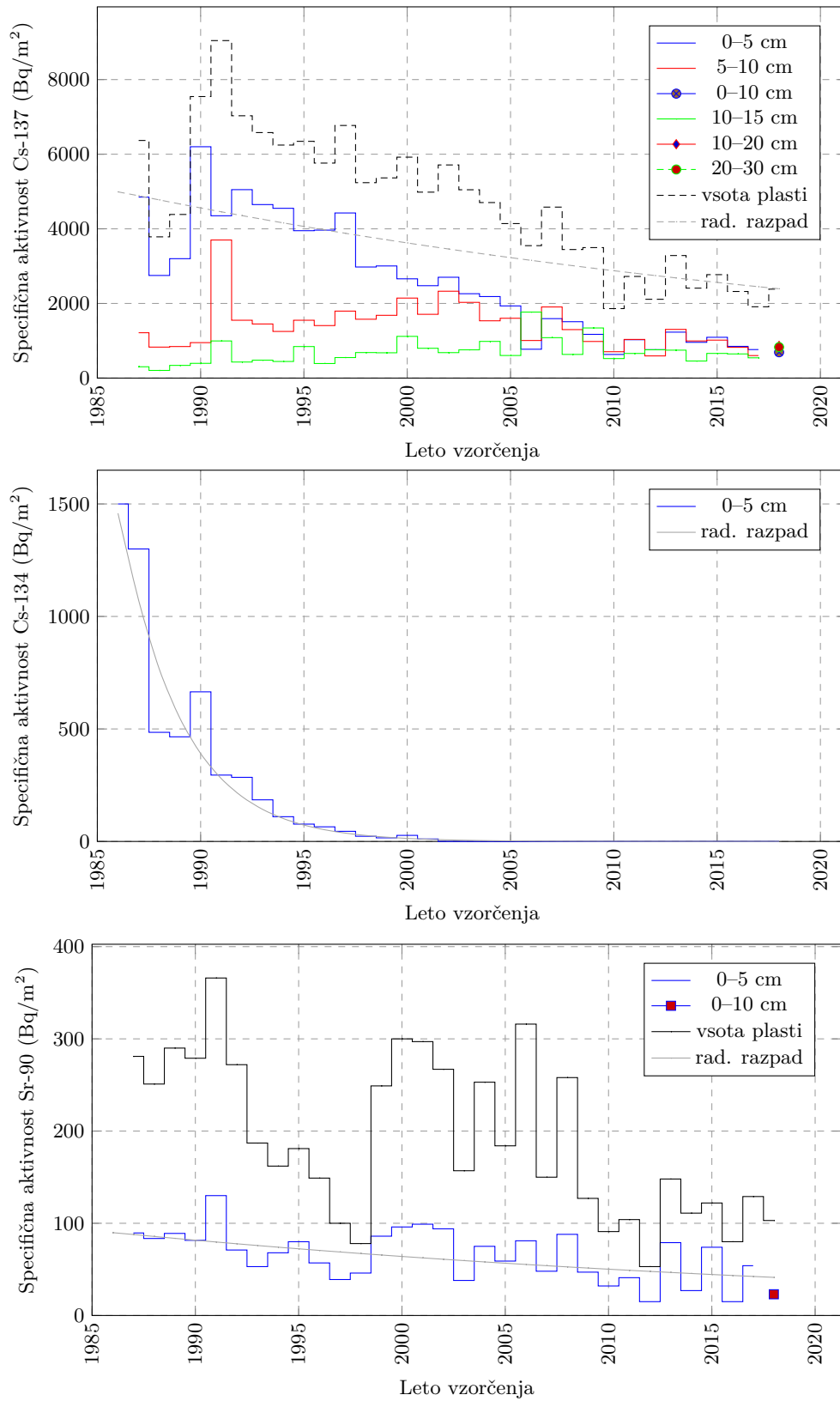
V Ljubljani, Murski Soboti in Kobaridu lahko tudi za depozit črnobilske nesreče že lahko rečemo, da prehaja v globlje plasti, zato smo v letu 2018 začeli tudi z vzorčenjem plasti zemlje iz globine do 30 cm.

Na grafih za lokacijo Kobarid vidimo odstopanja od trenda zmanjševanja koncentracij Cs-137 in Sr-90, in sicer v letih 2006 in 2008, ki jih lahko pojasnimo z dejstvom, da sta vzorčila na različnih lokacijah in analize izvajala dva različna laboratorija. V letu 2006 je IJS opravil analizo zemlje na vseh treh lokacijah, leta 2008 pa samo v Ljubljani. Lokacija vzorčenja v Ljubljani je bila različna glede na vzorčevalca, IJS je vzorčil na lokaciji Rektorskega centra Podgorica v Brinju pri Ljubljani, ZVD pa na Cesti dveh cesarjev. Od leta 2009 naprej, je lokacija vzorčenja poenotena, in sicer na Cesti dveh cesarjev.

V letu 2011 je bilo moč zaznati delno povišane vrednosti Cs-137 v zgornji plasti glede na prejšnja leta, kar je vpliv posledic nesreče v elektrarni v Fukušimi na Japonskem. Vendar je povišanje na letni ravni v povprečju komaj opazno, prav tako ni vidno na grafih v slikah od 3.30 do 3.32.




**Slika 3.31** | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.



**Slika 3.32** | Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.





Lokacije meritev  
Rezultati meritev  
Dolgoročni trend doz

## 4 — Zunanje sevanje

### 4.1 Lokacije meritev

Doze zaradi zunanjega sevanja se merijo na petdesetih različnih lokacijah po Sloveniji s TL dozimetri, ki so prikazane na sliki 4.1, podrobnosti o merskih lokacijah pa so podane v tabeli 4.1.

### 4.2 Rezultati meritev

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.22. Povprečni letni okoliški ekvivalent doze  $H^*(10)$  zaradi zunanjega sevanja v letu 2018 je bil  $870 \pm 139 \mu\text{Sv}$ , največji izmerjen okoliški ekvivalent doze je bil  $1302 \pm 142 \mu\text{Sv}$  na Vrhniki, najnižji pa  $611 \pm 67 \mu\text{Sv}$  v Trenti. Povprečna mesečna vrednost okoliškega ekvivalenta doze zaradi zunanjega sevanja je bila  $72 \pm 16 \mu\text{Sv}$ , območje vrednosti pa od  $51 \mu\text{Sv}$  do  $109 \mu\text{Sv}$ .

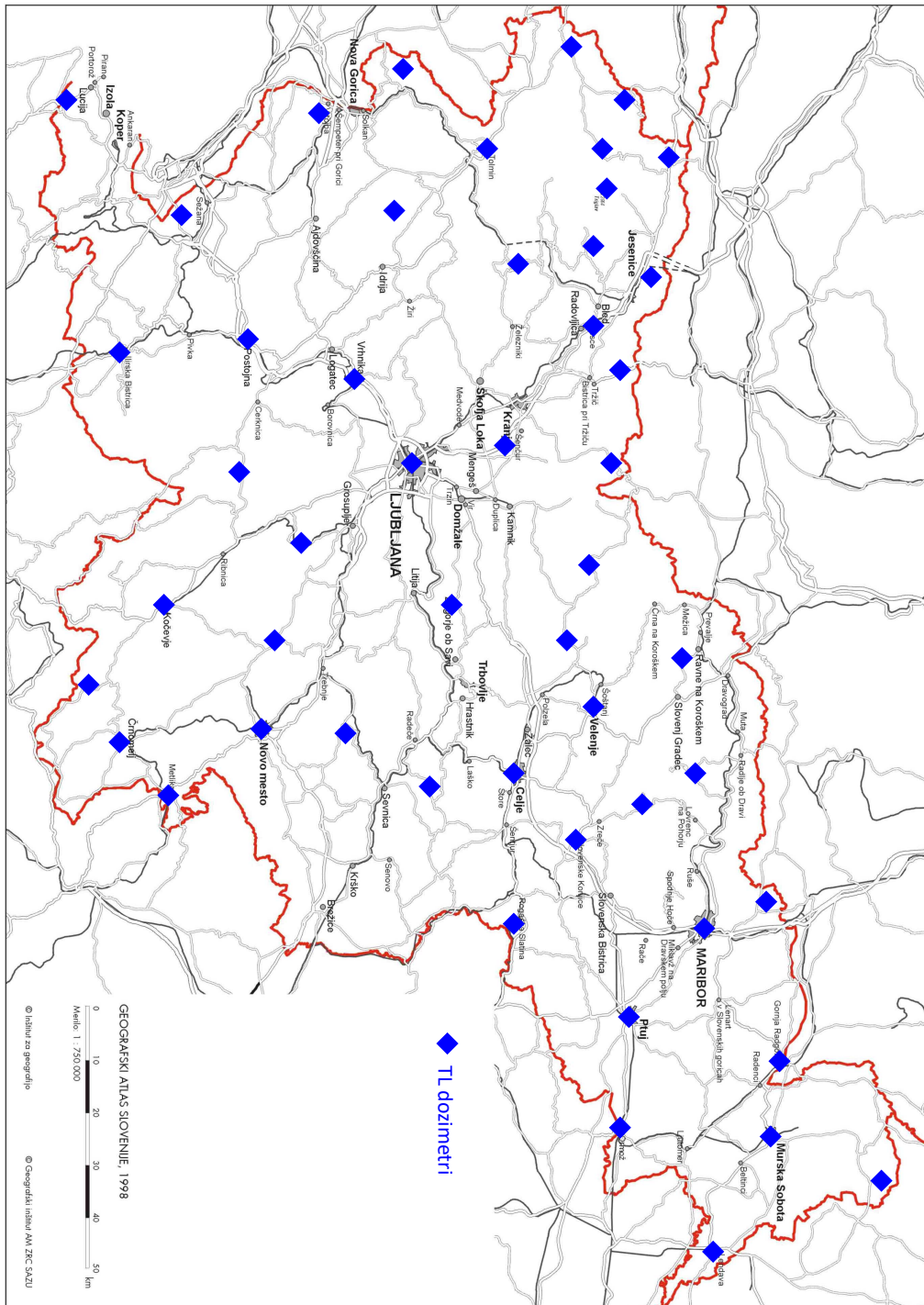
### 4.3 Dolgoročni trend doz

Na sliki 4.3 je prikazan dolgoročni trend doz na lokaciji Ljubljana izmerjenih s TL dozimetri. Do leta 2005 so izmerjene veličine  $H_x$ , od takrat pa  $H^*(10)$ . Veličina  $H_x$  je fotonski dozni ekvivalent (photon dose equivalent). Veličino so uporabljali predvsem v Nemčiji [49]. V Sloveniji je sekundarni dozimetrični laboratorij na Inštitutu Jožef Stefan v preteklosti izvajal umerjanja TL dozimetrov v tej veličini. Veličini nista povsem primerljivi. Pri energijah gama sevanja pod okoli 30 keV je kvocient med  $H^*(10)/H_x$  manjši od 1, sicer pa je večji od energije 1 MeV do okoli 2 MeV, ko nato vrednost spet pade pod 1. Pri energiji Cs-137 je vrednost kvocienta približno 1,05. Natančnejša energijska odvisnost kvocienta je prikazana na sliki 4.2.

Kljub temu, da veličini nista povsem primerljivi pa se pri energijah sevanja gama, ki ga merimo v okolju ne razlikujeta veliko, nekaj %, in jih na sliki 4.3 prikazujemo na skupnem grafu.

Termoluminiscentni dozimetri merijo okoliški ekvivalent zunanjega sevanja naravnih in umetnih radionuklidov, ki so prisotni v okolju. V letih po černobilski nesreči je predvsem Cs-137 znatno prispeval k obremenjenosti z zunanjim sevanjem, nato pa se je prispevek zaradi radioaktivnega razpada in difuzije radionuklida v globlje plasti zmanjšal. Trenutni prispevek Cs-137 k celotni dozi zunanjega sevanja je manj kot 1%. Iz slike 4.3

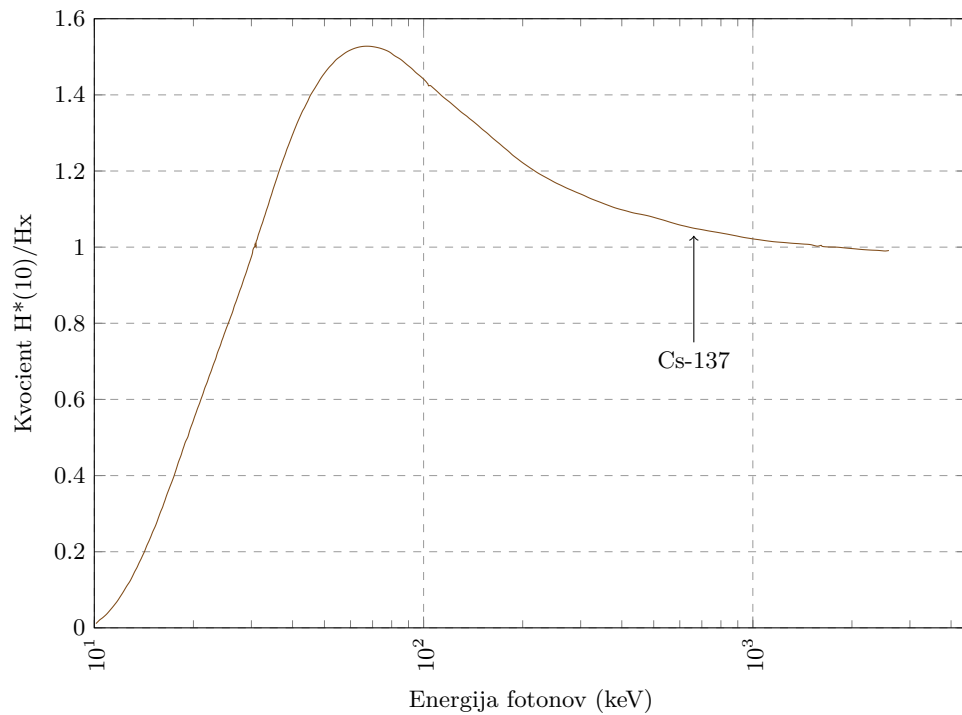




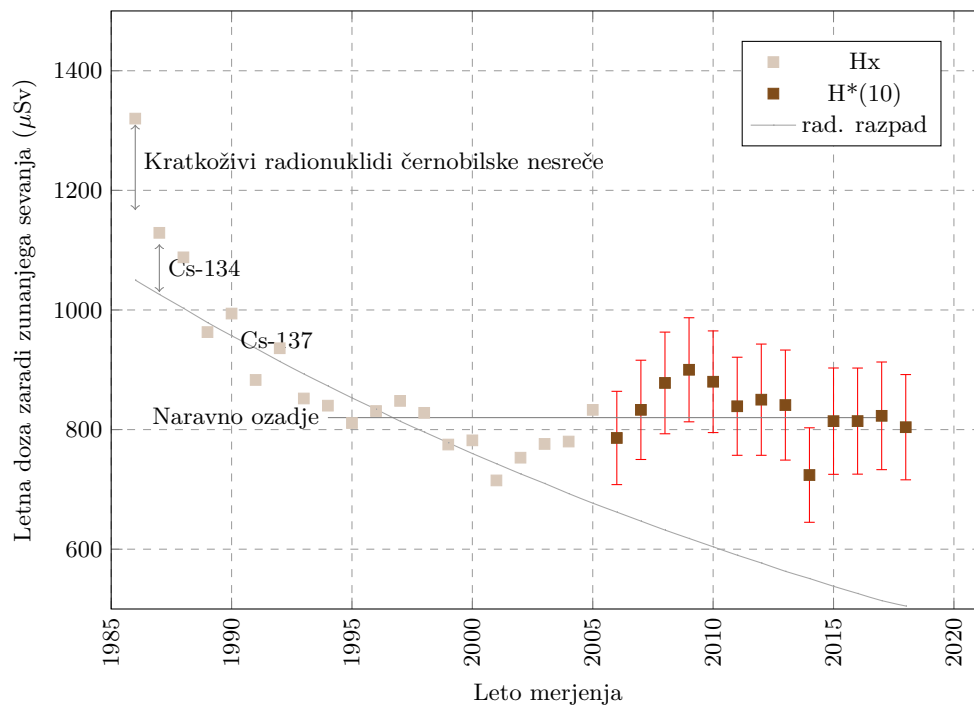
Slika 4.1 | Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanje sevanja.

**Tabela 4.1** | Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	Kočevje	45°38'47" / 14°51'02"
2	Dvor pri Žužemberku	45°48'30" / 14°57'42"
3	Dobliče (Črnomelj)	45°33'36" / 15°08'46"
4	Drašiči (Metlika)	45°39'55" / 15°22'34"
5	Novo mesto	45°48'07" / 15°10'39"
6	Mokronog	45°56'29" / 15°09'01"
7	Lisca	46°04'04" / 15°17'06"
8	Celje	46°14'11" / 15°13'34"
9	Rogaška Slatina	46°14'40" / 15°37'41"
10	Slovenske Konjice	46°20'42" / 15°25'03"
11	Rogla	46°26'45" / 15°19'22"
12	Maribor	46°32'22" / 15°38'42"
13	Ptuj	46°25'48" / 15°52'58"
14	Jeruzalem (Ormož)	46°28'34" / 16°11'15"
15	Lendava	46°33'25" / 16°28'20"
16	Murska Sobota (Rakičan)	46°39'08" / 16°11'29"
17	Veliki Dolenci (Šalovci)	46°50'12" / 16°17'16"
18	Gornja Radgona	46°40'52" / 15°59'44"
19	Svečina (Plač)	46°39'49" / 15°35'29"
20	Ribnica na Pohorju	46°32'30" / 15°17'30"
21	Kotlje	46°31'17" / 14°58'54"
22	Velenje	46°21'51" / 15°07'11"
23	Nazarje (Mozirje)	46°19'23" / 14°56'58"
24	Luče Ob Savinji	46°21'15" / 14°44'48"
25	Vače	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJ-Bežigrad (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	Brnik (Aerodrom)	46°13'39" / 14°27'40"
28	Zgornje Jezersko	46°23'53" / 14°30'14"
29	Podljubelj	46°23'58" / 14°17'03"
30	Hlebce (Lesce)	46°21'55" / 14°10'28"
31	Planina pod Golico	46°28'03" / 14°03'09"
32	Zdenska vas	45°51'28" / 14°42'27"
33	Rateče	46°29'49" / 13°42'46"
34	Trenta	46°22'56" / 13°45'13"
35	Log pod Mangartom	46°24'25" / 13°36'10"
36	Bovec	46°20'05" / 13°32'55"
37	Tolmin	46°10'46" / 13°43'54"
38	Bilje (Nova Gorica)	45°53'46" / 13°37'28"
39	Vedrijan (Kojško)	46°00'50" / 13°32'29"
40	Lokev Pri Lipici	45°39'51" / 13°55'21"
41	Portorož (Aerodrom)	45°28'29" / 13°37'01"
42	Koseze (Ilirska Bistrica)	45°33'11" / 14°14'05"
43	Zalog (Postojna)	45°45'57" / 14°11'35"
44	Nova vas na Blokah	45°46'23" / 14°30'34"
45	Vrhnika	45°57'42" / 14°16'26"
46	Vojsko	46°01'31" / 13°54'09"
47	Sorica	46°13'19" / 14°01'41"
48	Stara Fužina	46°17'21" / 13°53'36"
49	Jelenja vas (Iskrba)	45°33'40" / 14°51'28"
50	Kredarica	46°22'59" / 13°50'59"



**Slika 4.2** | Energijska odvisnost razmerja okoliškega ekvivalentna doze,  $H^*(10)$ , in fotonskega doznega ekvivalenta,  $H_x$ .



**Slika 4.3** | Doza zaradi zunanega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.

je razvidno, da je doza zunanjega sevanja po letu 1995 približno konstantna, od leta 2006 pa je moč opaziti trend povečevanja (deloma je to lahko posledica menjave merjenja  $H_x$  s  $H^*(10)$ ). V letu 1986 so k dozi zunanjega sevanja prispevali tudi številni drugi sevalci gama, ki so bili posledica useda zaradi černobilske nesreče. Zato je zunanja doza v letu 1986 najvišja. Kratkoživi sevalci so nato razpadli in doza je že v letu 1987 znatno padla. Nato še nekaj let prispevek bil poleg Cs-137 zaznaven še prispevek Cs-134, nato pa je ta že preveč razpadel.





**Pitna voda**

**Hrana**

Mleko

Živila živalskega izvora

Žitarice, moka, kruh

Sadje

Zelenjava

Otroška hrana

**Krmila**

**Lesna kuriva**

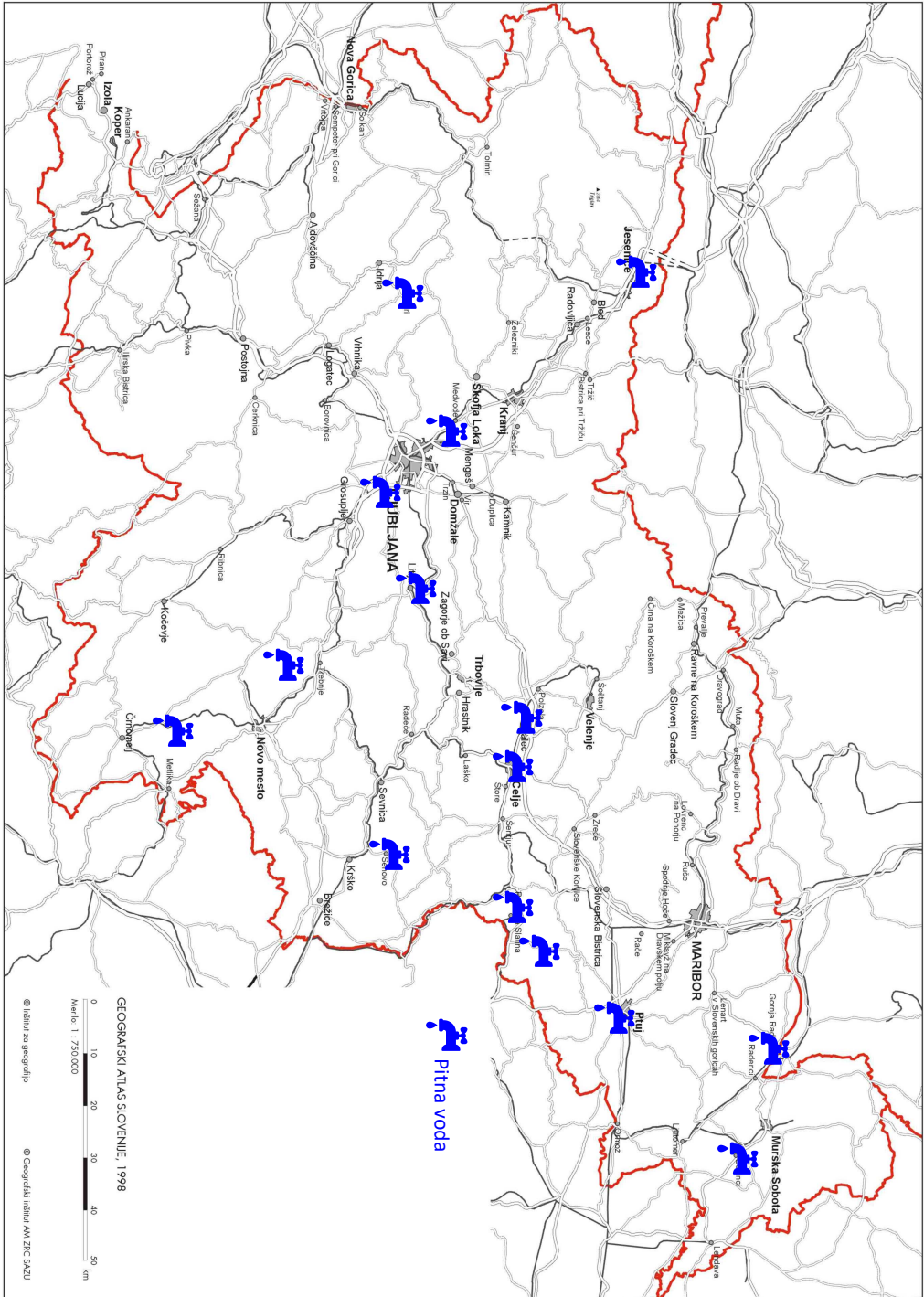
## 5 — Monitoring pitne vode, hrane in krme

### 5.1 Pitna voda

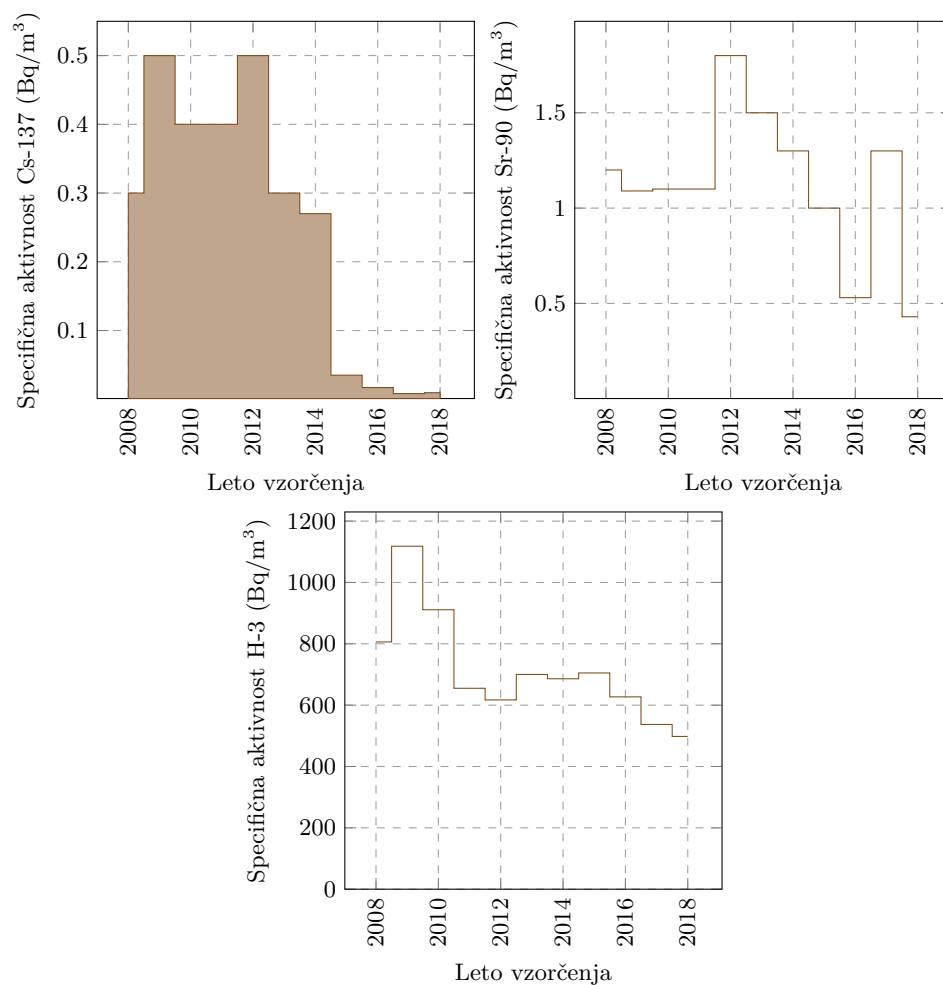
V letu 2018 je bilo odvzetih petnajst enkratnih vzorcev pitne vode iz javnih objektov kot so šole, vrtci, bolnišnice ali gostišča na naslednjih lokacijah: Medvode, Škofljica, Litija, Žiri, Jesenice, Dobrnič, Senovo, Semič, Celje, Ptuj, Gornja Radgona, Stoperce, Rogaška Slatina, Žalec in Beltinci. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.1 na strani 70. Lokacije se zaradi reprezentativnosti menjavajo vsako leto in so izbrane tako, da večinoma pokrijejo celotno področje Slovenije.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah A.23 in A.24. Izotop cezija, Cs-137, je bilo opaziti večinoma le v sledeh ali pa so vrednosti izredno nizke na meji detekcije, izmerjene vrednosti so bile  $0,0004 \pm 0,095 \text{ Bq/m}^3$ . Povprečna vrednost specifičnih aktivnosti Sr-90 v vseh odvzetih vzorcih je  $0,4 \pm 0,7 \text{ Bq/m}^3$ , H-3 pa  $498 \pm 102 \text{ Bq/m}^3$ . Trendi povprečne vrednosti omenjenih radionuklidov so za večjo preglednost prikazane v grafih na spodnji sliki 5.2 za leta od 2008 naprej. Vrednost v grafu predstavlja povprečno aktivnost vseh odvzetih vzorcev pitnih vod, v primeru aktivnosti Cs-137 pa zgornjo vrednost, saj so izmerjene aktivnosti večinoma pod mejo detekcije.

Poleg umetnih radionuklidov so se določale tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov in kozmogenega Be-7. Povprečne vrednosti so za U-238  $2,2 \pm 1,8 \text{ Bq/m}^3$ , Ra-226  $3,5 \pm 3,0 \text{ Bq/m}^3$ , Pb-210  $1,1 \pm 1,2 \text{ Bq/m}^3$ , Ra-228  $1,2 \pm 1,6 \text{ Bq/m}^3$ , Th-228  $0,4 \pm 0,5 \text{ Bq/m}^3$  in K-40  $20 \pm 20 \text{ Bq/m}^3$  ter Be-7  $2,3 \pm 1,5 \text{ Bq/m}^3$ .



Slika 5.1 | Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.



**Slika 5.2** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Sr-90 in H-3 v pitni vodi od leta 2009 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).



## 5.2 Hrana

Program meritev radioaktivnosti v vzorcih hrane je približno enak kot v prejšnjih letih in vsebuje meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v najpomembnejših živilih rastlinskega in živalskega porekla, ki se sezonsko jemljejo na različnih področjih po Sloveniji, v Prekmurju, na Štajerskem, na Gorenjskem, na Primorskem, na Notranjskem in na Dolenjskem. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.3.

### 5.2.1 Mleko

V letu 2018 smo analizirali vzorce surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice ter mleka v prahu iz Murske Sobote. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih mleka za vse lokacije vzorčenja so prikazani v prilogi A v tabelah od A.25 do A.28.

Na sliki 5.4 so prikazane letne povprečne vrednosti (za leto 2018) v vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice, na sliki 5.5 njihove posamične vrednosti dvomesečnega zbirnega vzorca in na sliki 5.6 posamične vrednosti dvomesečnega zbirnega vzorca mleka v prahu iz Murske Sobote, in sicer za različne izotope K-40, Cs-137 in/ali Sr-90. V Ljubljani je bila povprečna letna vrednost Cs-137  $44 \pm 5$  mBq/kg in Sr-90  $38 \pm 7$  mBq/kg, v Kobaridu Cs-137  $73 \pm 5$  mBq/kg in Sr-90  $60 \pm 11$  mBq/kg, v Bohinjski Bistrici Cs-137  $23 \pm 4$  mBq/kg in Sr-90  $16 \pm 7$  mBq/kg ter v Murski Soboti Cs-137  $0,32 \pm 0,06$  Bq/kg in Sr-90  $0,17 \pm 0,07$  Bq/kg. Slovensko povprečje za surovo mleko znaša za Cs-137  $47 \pm 8$  mBq/kg in za Sr-90  $38 \pm 11$  mBq/kg (brez mleka v prahu). Najvišje izmerjena vrednost Cs-137 je bila v vzorcu surovega mleka iz Kobarida v obdobju zbiranja januar-februar, in sicer  $100 \pm 4$  mBq/kg.

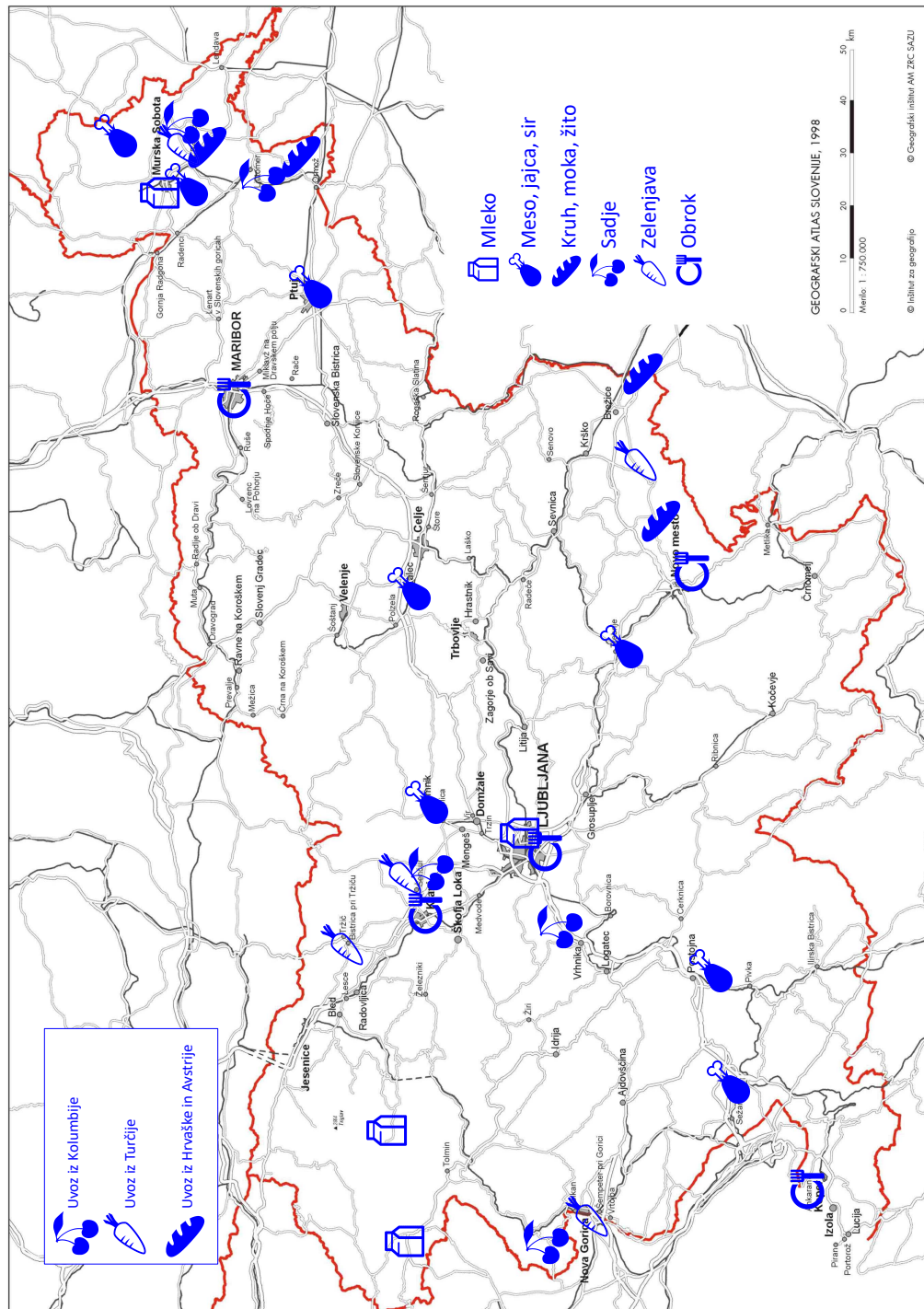
Na sliki 5.5, ki prikazuje specifične aktivnosti izotopov v dvomesečnih vzorcih mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice v splošnem ugotovimo v jesenskem obdobju porast aktivnosti Cs-137, kar lahko pripišemo pašni vzreji govedi v toplejših mesecih, kjer večje aktivnosti iz narave pridejo v organizem in mleko zaradi prenosnih poti, v hladnejših mesecih pa uporabi krmil, ki imajo lahko nižje vsebnosti Cs-137. Po nekaterih podatkih s terena se vedno bolj v zbiralnicah mleka meša mleko iz različnih lokacij, zato je težko ugotoviti specifične lastnosti med vzorci iz lokalne vzreje krav ali vzorci od drugod. V vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote (slika 5.6) je povišane vrednosti Cs-137 moč opaziti s časovnim zamikom, kar je najverjetneje posledica predelave surovega mleka.

#### Dolgoročni trendi

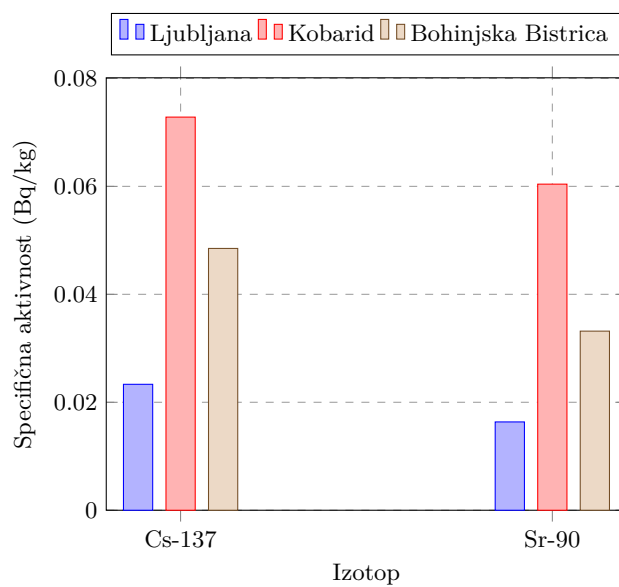
Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena velika količina radioaktivnih snovi, ki so se razpršile po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. V Sloveniji je v Alpah v času nezgode padlo okoli  $100 \text{ mm/m}^2$  padavin, kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal preko  $100 \text{ kBq/m}^2$  [50]. Pašniki v okolici Kobarida in Bohinjske Bistrice ležijo v alpskem predelu Slovenije, kjer je po nesreči v Černobilu padlo največ padavin, zato je tudi mleko iz tega področja bolj kontaminirano s Cs-137 kot drugje po Sloveniji.

Na sliki 5.7 so prikazane povprečne letne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku iz Ljubljane, Kobarida, Bohinjske Bistrice in Murske Sobote za obdobje od leta 1986 dalje. Opazen je trend padanja specifičnih aktivnosti vseh treh radionuklidov, Cs-137, Cs-134 in Sr-90. Cs-134 je bil najdlje merljiv v mleku iz Bohinjske Bistrice, do leta 1999, v mleku z ostalih lokacij pa je bil že dosti prej pod mejo detekcije.

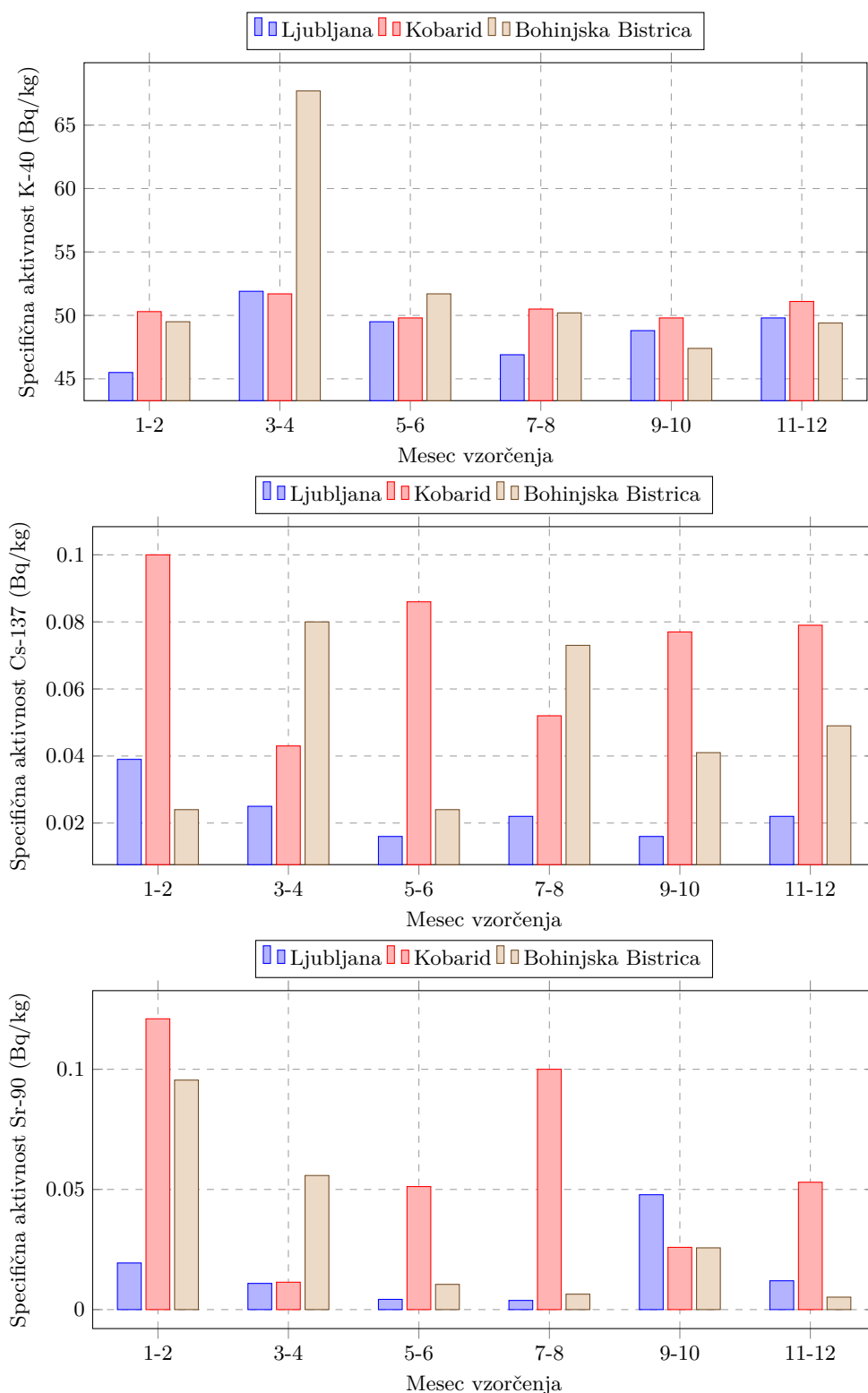
V grafih so sicer najvišje prikazane vrednosti za mleko v prahu iz Murske Sobote, kar je posledica koncentracije vzorca s sušenjem in posledično višje specifične aktivnosti ter zato vrednosti niso realno primerljive z vrednostmi v surovem mleku.



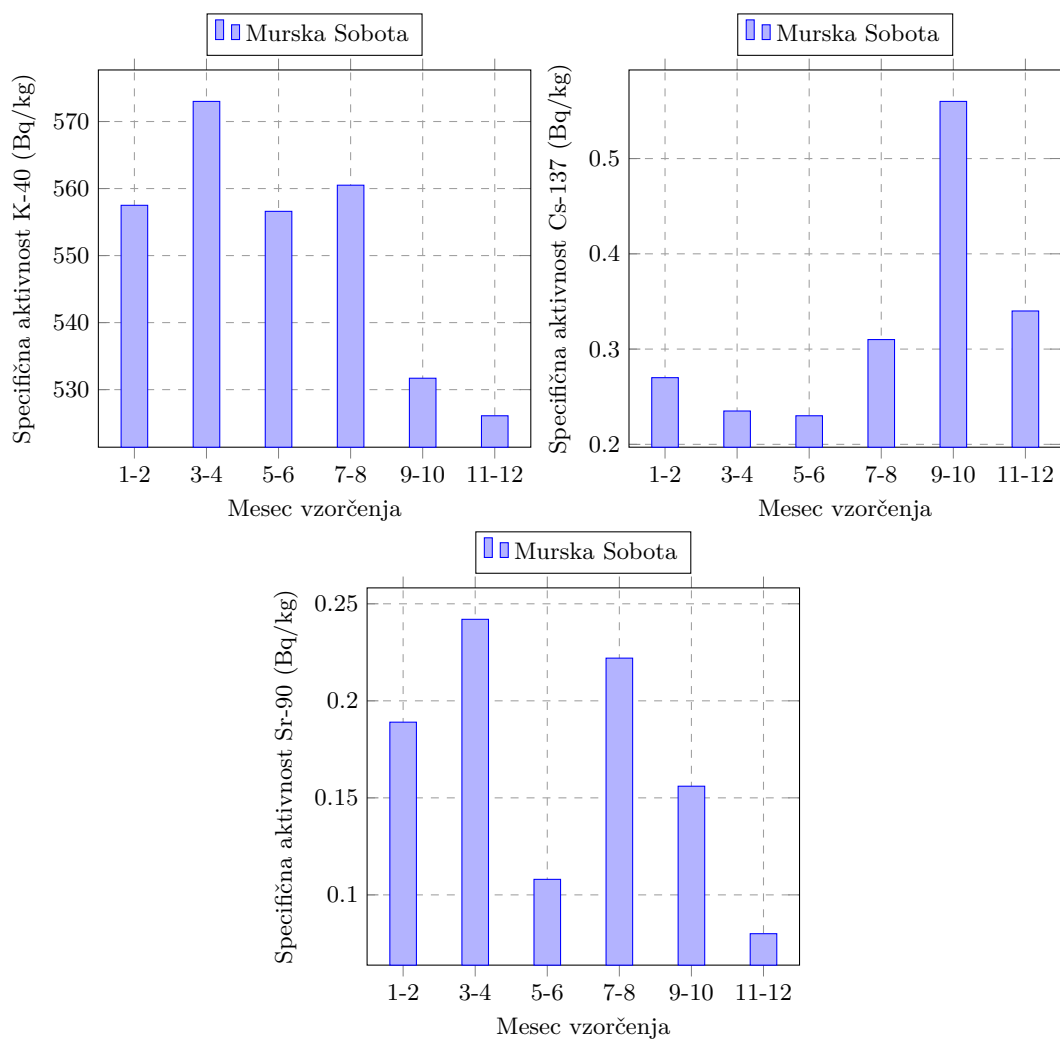
Slika 5.3 | Lokacije vzorčenja vzorcev živil.



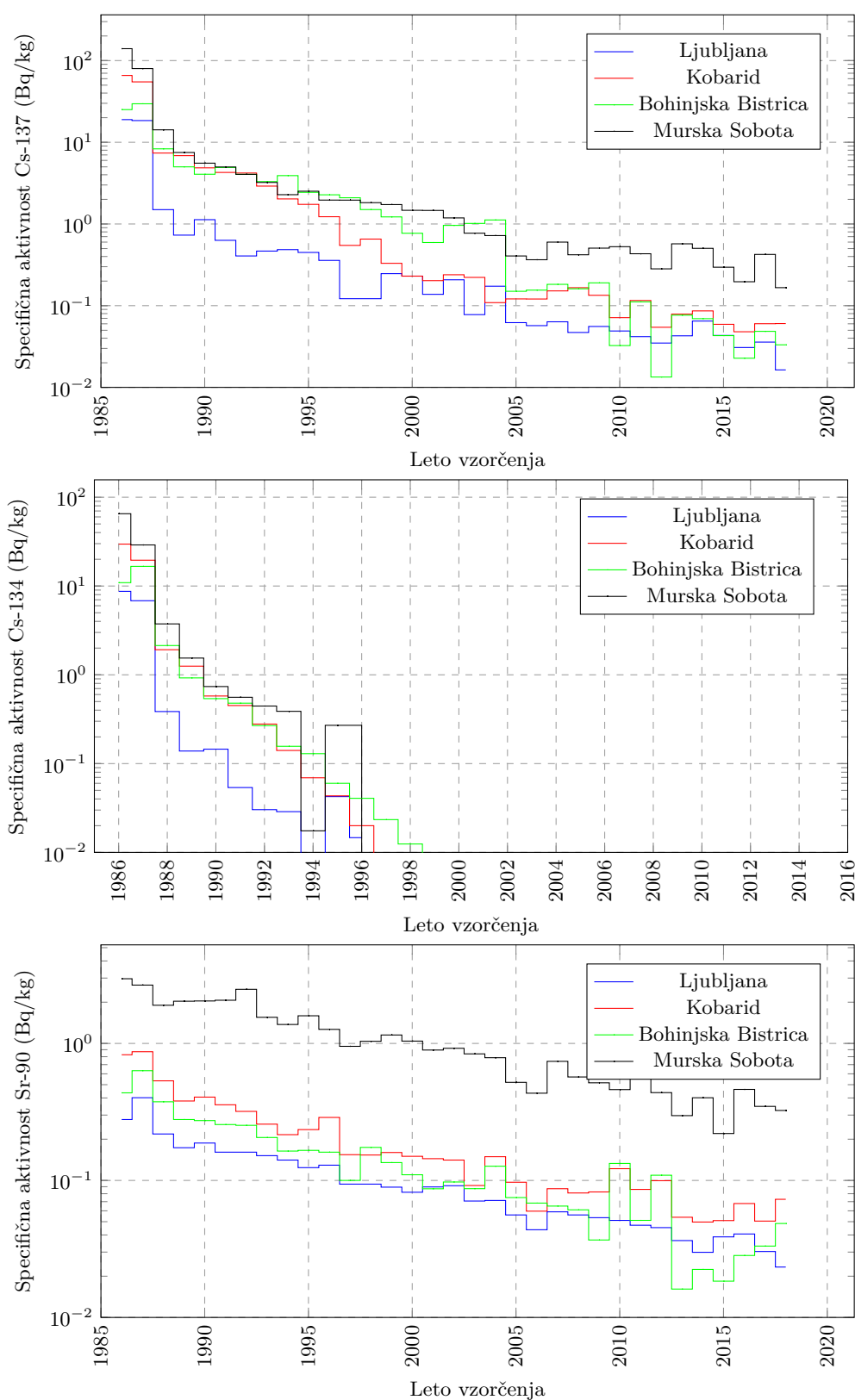
**Slika 5.4** | Primerjava povprečnih letnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2018.



**Slika 5.5** | Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.



**Slika 5.6** | Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v posamičnih dvomesečnih vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote.



**Slika 5.7** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.

### 5.2.2 Živila živalskega izvora

V letu 2018 smo analizirali osem vzorcev živil živalskega izvora:

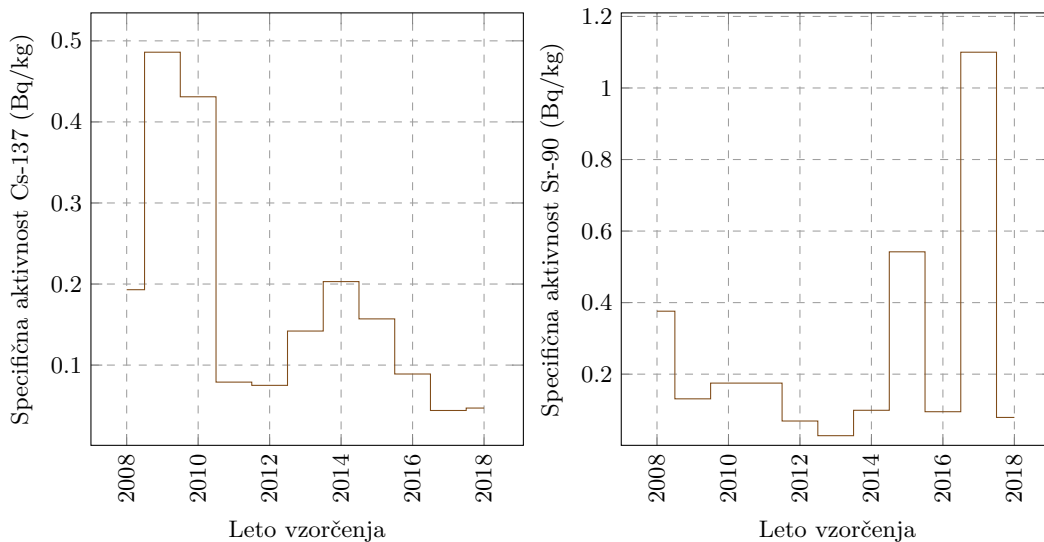
- svinjina (Prestranek),
- postrvi (Žalec),
- puran (Ptuj),
- jajca (Križevci),
- gozdni med (Povir),
- goveje meso (Fokovci),
- divji prašič (Kamnik) in
- sir čebular (Gornje Ponikve).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.29.

Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v vseh vzorcih (razen divjačine) je  $0,47 \pm 0,08$  Bq/kg in Sr-90  $0,08 \pm 0,08$  Bq/kg. Najvišja vsebnost Cs-137 je bila izmerjena v vzorcu divjačine (prašič), ki imata za več velikostnih redov višjo aktivnost  $580 \pm 20$  Bq/kg in ga v povprečju niti v izračunu doze ne upoštevamo, saj ne predstavlja reprezentativnega vzorca za prehranjevalne navade.

#### Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.8 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale. Prav tako v letnih povprečjih izločimo zelo specifične vzorce, kjer zaradi metabolizmov pride do večje akumulacije umetnih radionuklidov.



**Slika 5.8** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v živilih živalskega izvora od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorcev razen medu in divjačine).

### 5.2.3 Žitarice, moka, kruh

Izmerili smo šest vzorcev žitaric in njihovih izdelkov:

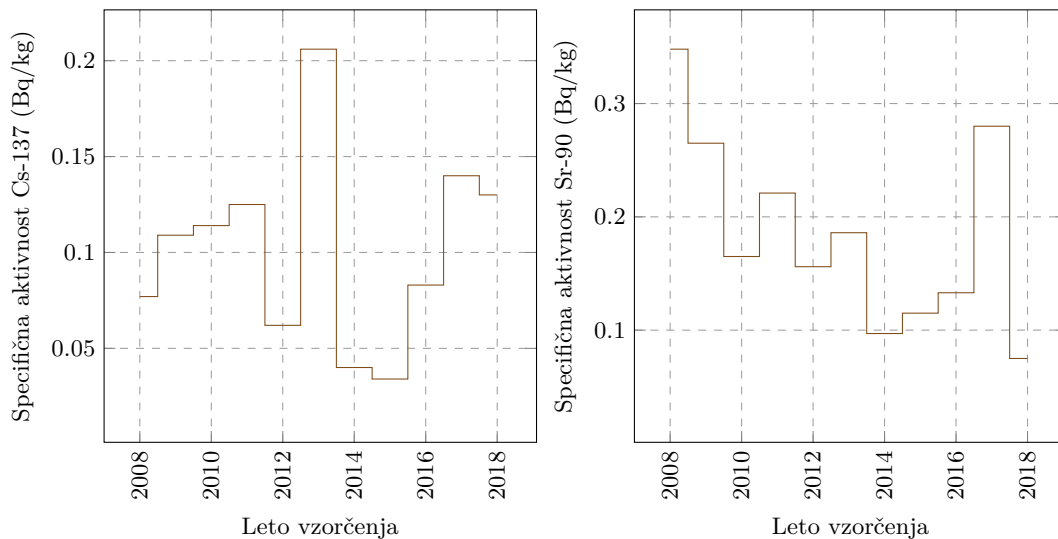
- ječmenova moka (Šentjernej),

- beli kruh (Jesenice na Dolenjskem),
- riž (Beltinci),
- pšenica (Lačaves),
- ajda (Hrvaška) in
- oves (Avstrija).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.30. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je  $130 \pm 99$  mBq/kg in Sr-90  $75 \pm 60$  mBq/kg.

### Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.9 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.



**Slika 5.9** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v žitaricah in žitnih izdelkih od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčenih vzorcev).

#### 5.2.4 Sadje

Izmerili smo šest vzorcev sadja:

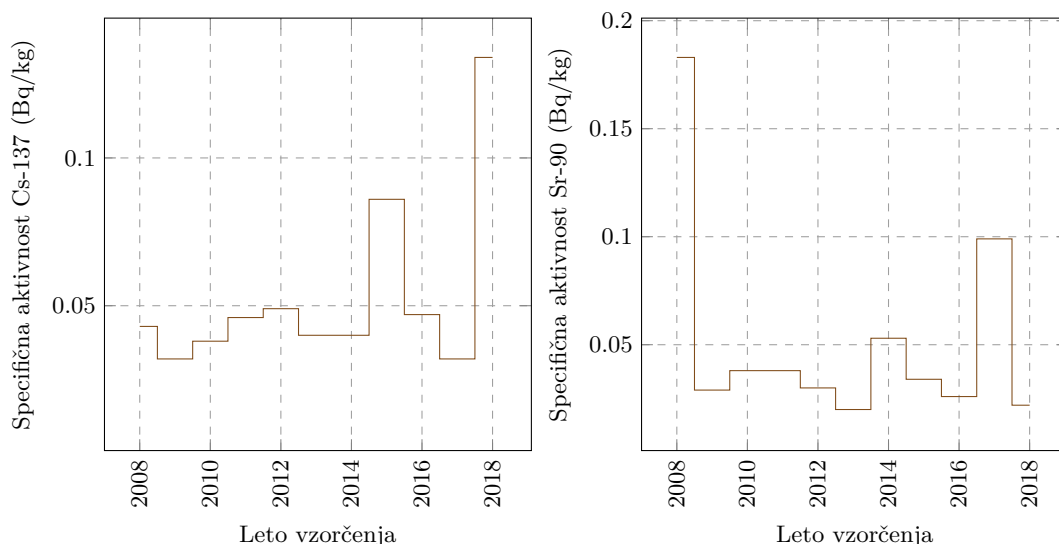
- banane (Kolumbija),
- jagode (Kranj),
- ameriške borovnice (Drenov Grič),
- breskve (Vedrijan),
- jabolka (Ivanjkovci) in
- belo grozdje (Beltinci).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.31. Povprečna specifična aktivnost vseh Cs-137 v vseh vzorcih je  $130 \pm 210$  mBq/kg in Sr-90  $27 \pm 22$  mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 in Sr-90 so bile le v sledovih in praviloma zelo nizke v večini vzorcev. V letošnjih izbranih vzorcih ni bilo vzorcev z odstopajočimi vrednostmi (npr. gozdno jagodičevje).



### Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.10 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale. Prav tako v letnih povprečjih izločimo zelo specifične vzorce, kjer zaradi metabolizmov pride do večje akumulacije umetnih radionuklidov.



**Slika 5.10** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sadju od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčenj).

### 5.2.5 Zelenjava

Izmerili smo šest vzorcev zelenjave:

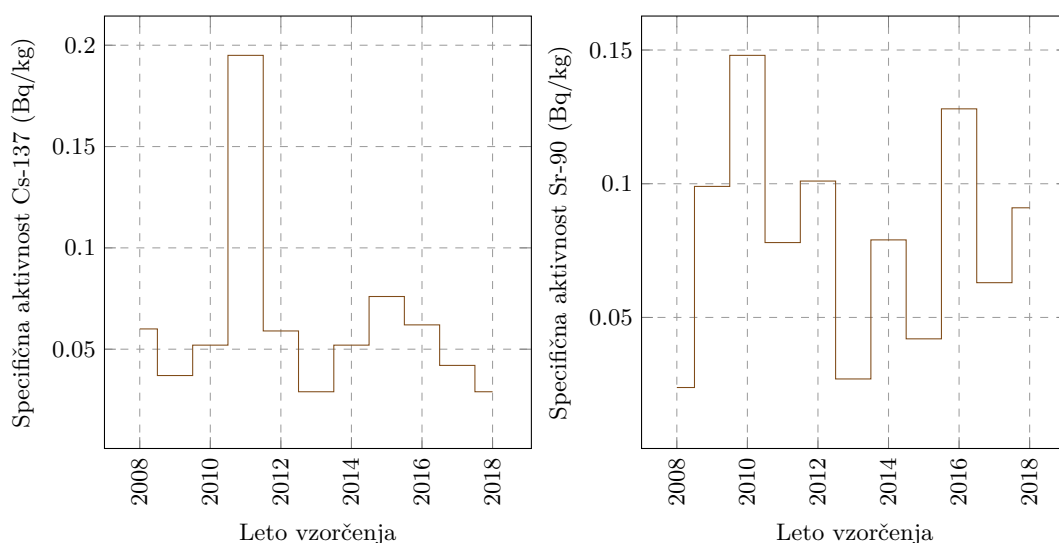
- krompir (Podbočje),
- solata (Šenčur),
- cvetača (Tržič),
- paradižnik (Nova gorica),
- paprika (Beltinci) in
- sveži jurčki (Turčija).

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.32. Povprečna specifična aktivnost v vseh vzorcih (razen gob) Cs-137 je  $29 \pm 17$  mBq/kg in Sr-90  $90 \pm 140$  mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 so bile le v sledovih in praviloma zelo nizke v večini vzorcev. Izjema so le gobe – sveži jurčki iz Makedonije –, ki imajo za več velikostnih redov višjo aktivnost  $3,1 \pm 0,1$  Bq/kg in jih v izračunu povprečja niti v izračunu doz ne upoštevamo, saj ne predstavljajo reprezentativnega vzorca za prehranjevalne navade.

### Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.11 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko

med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.



**Slika 5.11** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v zelenjavi od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzorčev brez gob).

### 5.2.6 Otroška hrana

V letu 2008 smo začeli z analizo celotnega obroka otroške hrane. Tako smo v letu 2018 analizirali 5 vzorcev iz Kopra, Ljubljane, Novega mesta, Maribora in Kranja. Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.33. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je  $31 \pm 14$  mBq/kg in Sr-90  $15 \pm 4$  mBq/kg.

#### Dolgoročni trendi

Trend povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v izbranih vzorcih je za večjo preglednost prikazan v grafih na spodnji sliki 5.12 od 2008 naprej. Zaradi dokaj naključne izbire vzorcev z različnimi aktivnostmi in z različnih lokacij je težko med seboj kvantitativno primerjati izmerjene vrednosti po letih, bi pa v primeru novih kontaminacij življenjskega okolja takšne anomalije na grafu vsekakor izstopale.

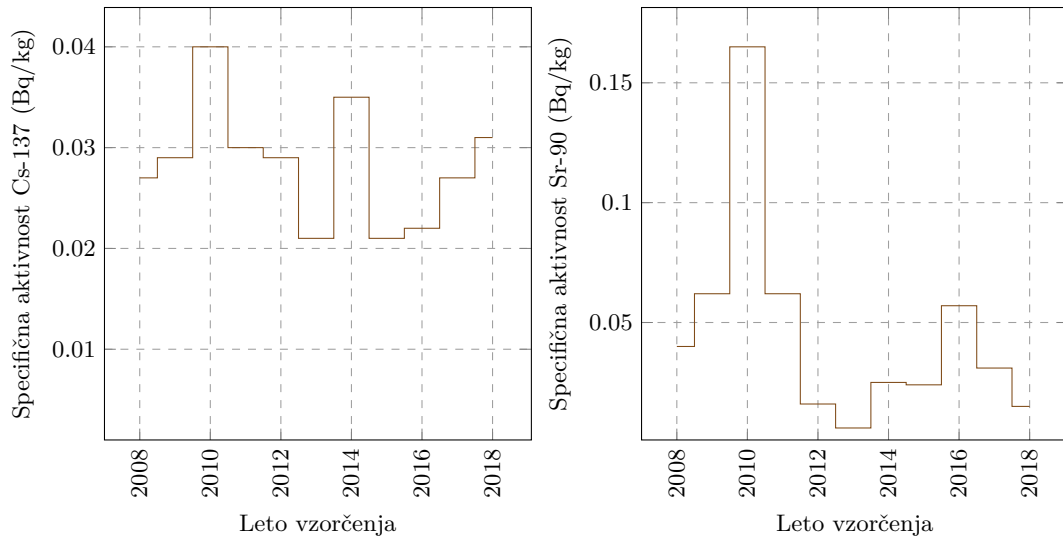
## 5.3 Krmila

V letu 2018 je bilo odvzetih deset vzorcev krme:

- 2 vzorca travne silaže,
- 1 vzorec koruzne silaže,
- 3 vzorci sena,
- 2 vzorca sveže trave in
- 2 vzorca krmne mešanice.

Lokacije vzorčenja (Sevnica, Brežice, Žirovski vrh (2x), Jezersko, Borovnica, Murska Sobota, Grosuplje, Ljubljana, Pivka) so prikazane na zemljevidu na sliki 5.13.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.34. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je  $0,4 \pm 0,4$  Bq/kg in Sr-90  $2,5 \pm 3,7$  Bq/kg.



**Slika 5.12** | Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrokih otroške hrane od leta 2008 dalje (povprečje vseh vzetih vzorcev).

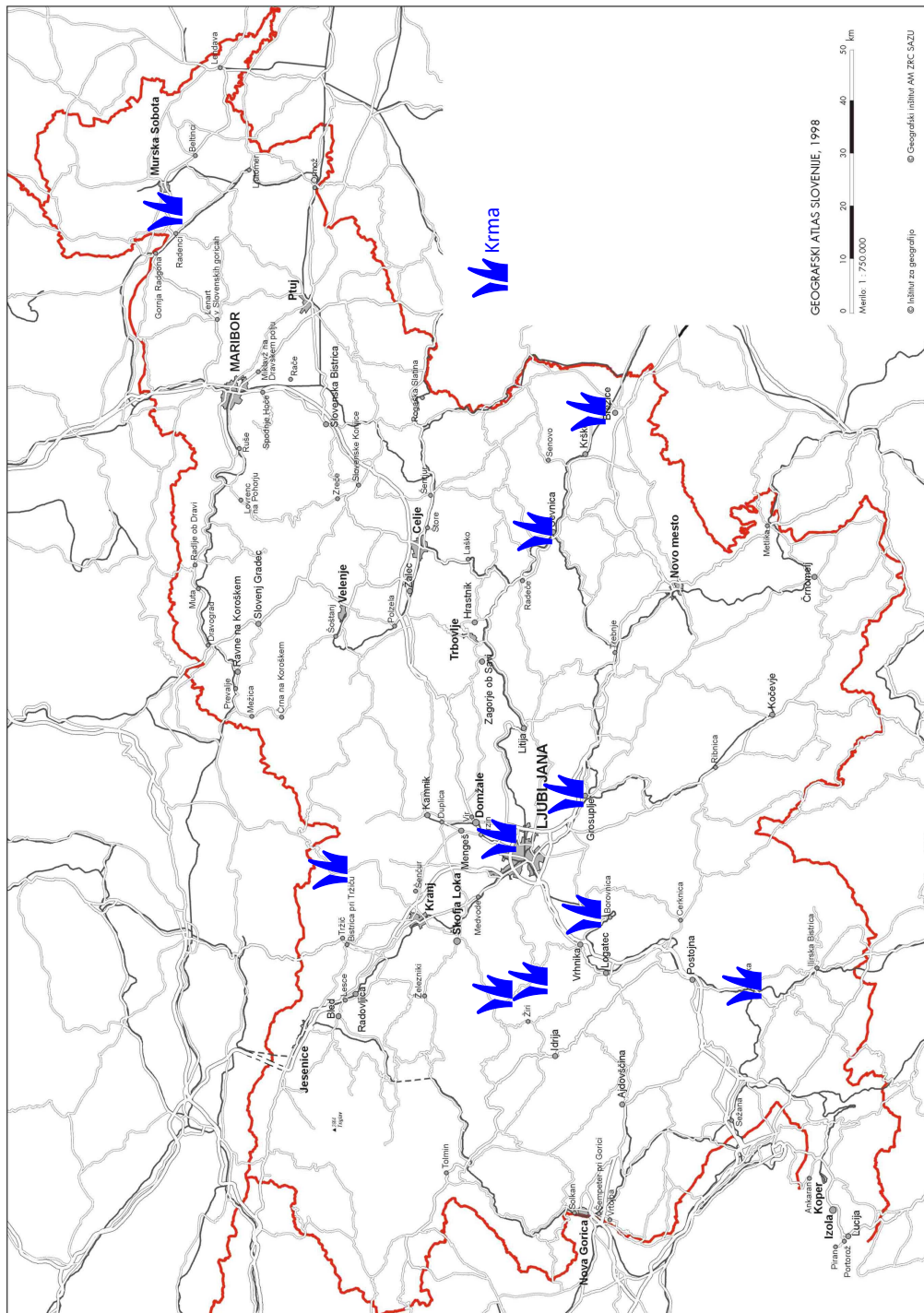
#### 5.4 Lesna kuriva

V letu 2018 je bilo odvzetih osem vzorcev lesa oziroma lesnih kuriv:

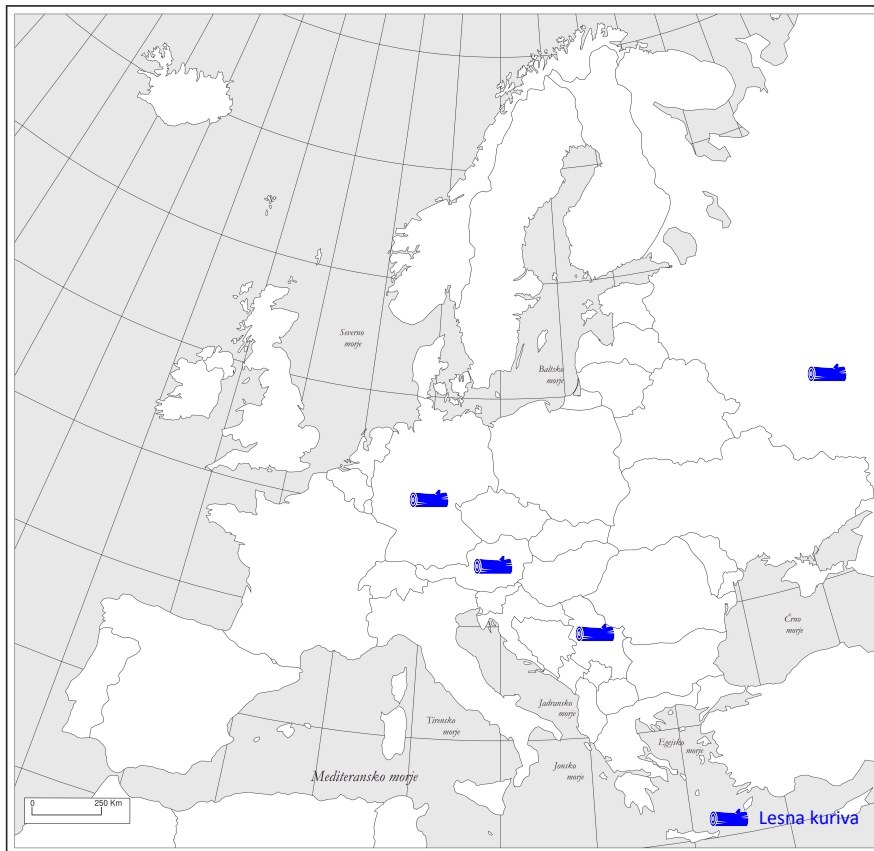
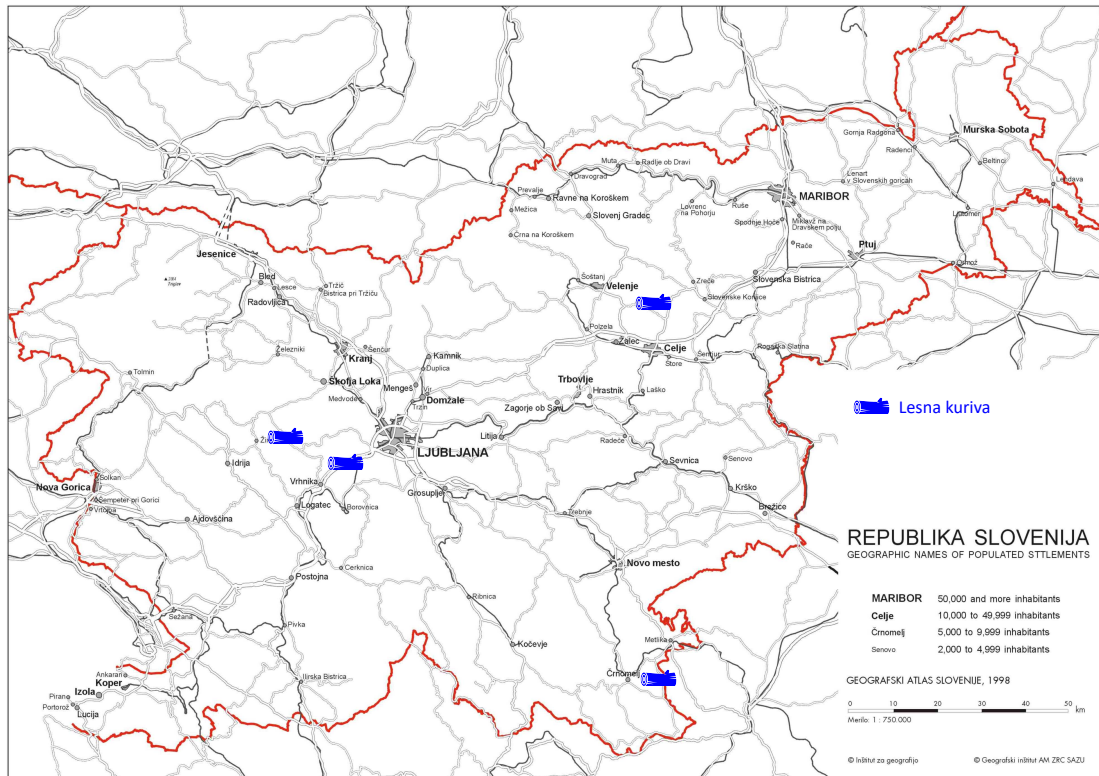
- 4 vzorci žaganja lesa (ekvivalent drvom) in
- 4 vzorci lesnih peletov.

Lokacije vzorčenja (Log pri Dragomeru, Hudinja (Vitanje), Todraž, Vinica in uvoz iz Avstrije, Rusije, Srbije, Nemčije) so prikazane na zemljevidu na sliki 5.14.

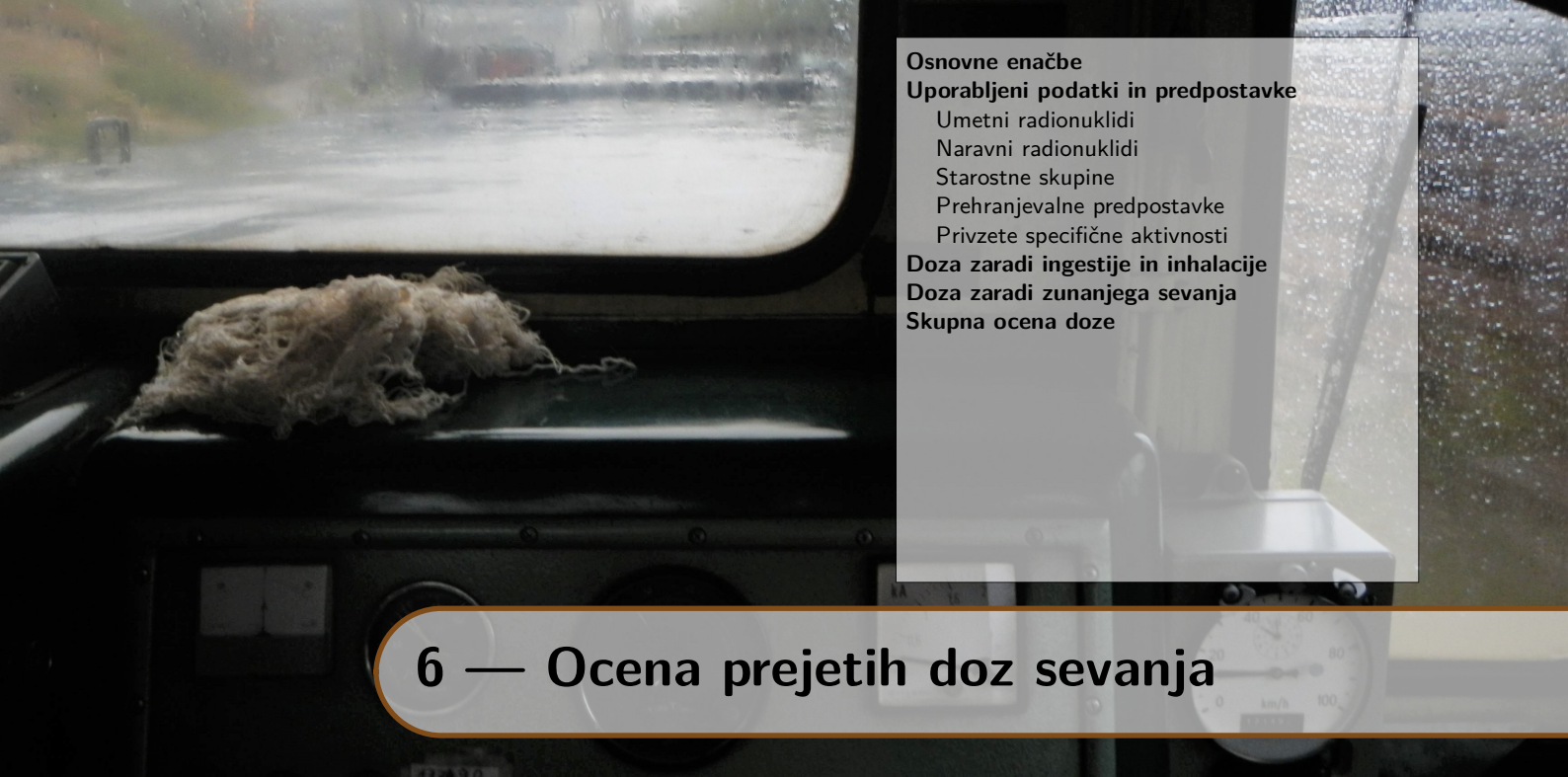
Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.35. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v lesu je  $2,2 \pm 0,3$  Bq/kg in v peletih  $1,9 \pm 1,0$  Bq/kg. Za leto 2018 še ni dostopnih podatkov o porabi lesnih kuriv. Povprečje porabe v obdobju 5 let do leta 2017 znaša 1220859 ton polen in 68495 ton peletov, tako lahko z ekstrapolacijo podatkov ocenimo, da je z uporabo lesnih kuriv v letu 2018 bilo v zrak izpuščeno Cs-137 skupne aktivnosti 2,8 GBq. Če primerjamo z izpusti Cs-137 skozi oddušnik Nuklearne elektrarne Krško, ugotovimo, da so te bistveno nižje: v letu 2018 ni bilo izpustov Cs-137, v letu 2017 je bilo izpuščeno 1 kBq Cs-137 in v letu 2016 0,7 MBq Cs-137.



Slika 5.13 | Lokacije vzorčenja vzorcev krme.



Slika 5.14 | Lokacije vzorčenja ali lokacija izvora vzorcev lesnih kuriv.



Osnovne enačbe  
Uporabljeni podatki in predpostavke  
Umetni radionuklidi  
Naravni radionuklidi  
Starostne skupine  
Prehranjevalne predpostavke  
Privzete specifične aktivnosti  
Doza zaradi ingestije in inhalacije  
Doza zaradi zunanjega sevanja  
Skupna ocena doze

## 6 — Ocena prejetih doz sevanja

### 6.1 Osnovne enačbe

Na podlagi meritev prikazanih v tabelah od A.1 do A.34 v prilogi A smo v prejšnjih poglavjih analizirali dobljene rezultate. V nadaljevanju tako ocenjujemo doze posameznikov iz prebivalstva, ki so izpostavljeni sevanju zaradi dolgoživih umetnih radionuklidov, ki so posledica bodisi jedrskih bombnih poskusov v preteklosti bodisi jedrskih nesreč z velikimi izpusti (Černobil in Fukušima). Oceno doz smo izvedli samo za umetne radionuklide in ocenili njihov dodatni prispevek k izpostavljenosti prebivalstva poleg siceršnje izpostavljenosti naravnim radionuklidom (le-te tu ne ocenjujemo).

Efektivno dozo sevanja,  $E$ , za posameznika iz starostne skupine prebivalstva,  $g$ , sestavljata efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja zaradi radioaktivnega useda v zemlji<sup>1</sup>,  $E_z$ , ter predvidena efektivna doza na enoto vnosa zaradi notranjega obsevanja,  $E_n$ . Slednja je vsota dveh prispevkov, prvi je predvidena efektivna doza zaradi zaužitja trdne in tekoče hrane (ingestija) ter vode,  $E_{ing}$ , in drugi predvidena efektivna doza zaradi vdihavanja radioaktivnih plinov in aerosolov (inhalacija),  $E_{inh}$ . Prenosne poti izpostavljenosti so shematsko prikazane na sliki 6.1. Efektivna doza  $E$  je torej

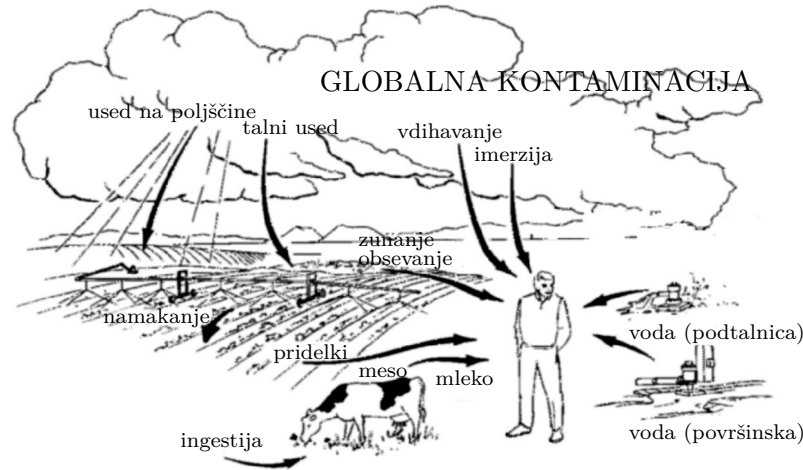
$$E = E_z + E_{ing} + E_{inh} \quad (6.1)$$

Efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja,  $E_z$ , je vsota dveh prispevkov, prvi je enak produktu hitrosti osebne ekvivalenta doze zunanjega sevanja,  $H_p(10)/t$  (v  $\mu\text{Sv/h}$ ) in času zadrževanja na prostem  $T_z$  (v urah), drugi pa je enak produktu hitrosti osebne ekvivalenta doze zunanjega sevanja,  $H_p(10)/t$  (v  $\mu\text{Sv/h}$ ), času zadrževanja v bivalnem okolju  $T_n$  in faktorju ščitenja,  $F = 0,9$ , za prebivalce na deželi, za mestno populacijo pa lahko privzamemo faktor ščitenja,  $F = 0,95$ , ker je manj travnatih površin, ki so kontaminirane s Cs-137,

$$E_z = \frac{H_p(10)}{t} T_z + \frac{H_p(10)}{t} T_n (1 - F) \quad (6.2)$$

Običajno se upošteva celotno število ur v tekočem letu,  $T$ , in delež zadrževanja na

<sup>1</sup>imerzijo v zraku lahko zanemarimo



**Slika 6.1** | Shematski prikaz prenosnih poti za notranje in zunanje obsevanje.

prostem 0,2 ter v bivalnem okolju 0,8, kar zapišemo

$$E_z = \frac{H_p(10)}{t} T(0,2 + 0,8(1 - F)) \quad (6.3)$$

Predvidena učinkovita doza zaradi ingestije,  $E_{ing}$ , za posameznika iz prebivalstva za starostno skupino  $g$  je enaka produktu vnese aktivnosti  $A_{j,ing}$  (v Bq) posameznega radionuklida  $j$  in predvidene učinkovite doze na enoto vnosa  $h(g)_{j,ing}$  zaradi zaužitja hrane (v Sv/kg), ter sešteta po vseh radionuklidih, ki jih upoštevamo pri oceni doze,

$$E_{ing} = \sum_j h(g)_{j,ing} A_{j,ing} \quad (6.4)$$

kjer je vnese aktivnost zaradi ingestije,  $A_{j,ing}$ , enaka produktu specifične aktivnosti radionuklida  $j$ ,  $c_{i,j,ing}$  (v Bq/kg) v posamezni vrsti hrane  $i$  in količini zaužite posamezne vrste hrane  $m_i$  (v kg) ter sešteta po vseh vrstah hrane  $i$ ,

$$E_{ing} = \sum_j c_{i,j,ing} m_i \quad (6.5)$$

Predvidena učinkovita doza zaradi inhalacije,  $E_{inh}$ , za posameznika iz prebivalstva za starostno skupino  $g$  je enaka produktu vnese aktivnosti  $A_{j,inh}$  (v Bq) posameznega radionuklida  $j$  in predvidene učinkovite doze na enoto vnosa  $h(g)_{j,ing}$  zaradi vdihavanja (v Sv/Bq), ter sešteta po vseh radionuklidih,

$$E_{inh} = \sum_j h(g)_{j,inh} A_{j,inh} \quad (6.6)$$

kjer je vnese aktivnost zaradi inhalacije,  $A_{j,inh}$ , enaka produktu specifične aktivnosti radionuklida  $j$ , v zraku,  $c_{j,inh}$  (v Bq/m<sup>3</sup>), količini vdihanega zraka na uro  $\Phi$  (v m<sup>3</sup>/h) in številu ur v predvidenem časovnem obdobju (tekoče leto),  $T$  (v urah),

$$A_{j,inh} = c_{j,inh} \Phi T \quad (6.7)$$

## 6.2 Uporabljeni podatki in predpostavke

Oceno učinkovitih doz sevanja zaradi vnosa radionuklidov, ki so posledica jedrskih bombnih poskusov v preteklosti in černobilske nesreče, v organizmu s prehranjevanjem in vdihavanjem ter zaradi zunanjih doz za posamezne starostne skupine (dojenčki do enega leta starosti; otroci, stari od 7 do 12 let in odrasli, starejši od 17 let) smo naredili na podlagi rezultatov meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih hrane, zraka in pitne vode. Meritev zunanjih doz gama sevanja s TL dozimetri ne upoštevamo, saj zaradi večje merilne negotovosti ne moremo izluščiti prispevka naravnega ozadja od prispevka dolgoživih radionuklidov zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu. Rezultati so podani v  $\mu\text{Sv}$ .

### 6.2.1 Umetni radionuklidi

Efektivne doze za vse tri starostne skupine smo ocenili le za umetna radionuklida, Cs-137 in Sr-90, ki sta posledica globalne kontaminacije zaradi černobilske nesreče in bombnih poskusov. Efektivno dozo zaradi H-3 smo ocenili samo za pitno vodo, v ostalih vzorcih hrane in zraka se H-3 ni določal. H-3 se določa samo v vzorcih hrane iz okolice NE Krško, kar je zajeto v programu meritev radioaktivnosti v okolici NEK in kjer so doze analizirane v pripadajočih poročilih [25].

### 6.2.2 Naravni radionuklidi

Doze za K-40 ne podajamo, saj dozimetrični modeli upoštevajo, da se nahaja K-40 v organizmu v homeostatskem ravnovesju, zato bi bili izračuni doz za ta izotop nerealni. Ocenili smo tudi efektivno dozo zaradi vnosa drugih naravnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo, vendar smatramo, da je število meritev premajhno in nerepresentativno, da bi lahko dobili prave povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov, ki se razlikujejo tudi za faktor 10 ali več v isti vrsti hrane. En sam lokalno odvzeti vzorec hrane je premalo za realno oceno doze, zato bi bile ocenjene doze lahko previsoke. Poleg tega so detekcijske meje merilnih metod blizu vrednostim specifičnih aktivnosti v vzorcih, meritev pa je obremenjena z veliko negotovostjo. Zato doz zaradi naravnih radionuklidov ne poročamo, v informacijo podajamo le izračun za Pb-210, zaradi njegovega visokega pretvorbenega doznega faktorja.

### 6.2.3 Starostne skupine

Do leta 2003 se je ocenjevala efektivna doza za dve starostni skupini, in sicer za otroke do 5 let in odrasle. Na podlagi pravilnika SV5 [3] se ocenjujejo efektivne doze za tri starostne skupine, in sicer dojenčke do enega leta starosti, otroke stare od 7 do 12 let in odrasle.

### 6.2.4 Prehranjevalne predpostavke

Po podatkih kuhinje Pediatrične klinike v Ljubljani (marec 2005) popijejo dojenčki do šestega meseca od 0,6–1,0 litra mleka na dan (v obliki adaptiranega kravjega mleka, če niso dojeni). Po šestih mesecih se količina mleka zmanjša na 0,5–0,7 litra na dan, ker začnejo uživati sadje, zelenjavo in meso. V naši oceni smo za dojenčke upoštevali podatke Pediatrične klinike v Ljubljani, ki so navedeni v tabeli 6.1.

Za otroke od 7 do 12 let smo upoštevali podatke IAEA (za Nemčijo), tabela III [51], ki združuje podatke o porabi hrane za otroke od 7 do 12 let, ker za Slovenijo ni ustreznih podatkov za to starostno skupino.

Za odrasle smo upoštevali podatke Statističnega urada RS za leto 2004 [52]. V primeru odraslih smo poleg statističnega povprečja upoštevali dve referenčni skupini



prebivalstva, živečih v urbanem in ruralnem območju, ki imajo hipotetično različne prehranjevalne navade (za ti dve skupini so količine arbitrarno popravljene), dodatno je zanje privzet tudi različen delež časa zadrževanja na prostem ali v zaprtih prostorih (kot je opisano v podpoglavju 6.4 in tabeli 6.5)

Privzete količine zaužite hrane in vode v enem letu so podane v tabeli 6.1.

**Tabela 6.1** | Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine

Starostna skupina	Povprečna količina zaužite hrane v enem letu (kg)							(m <sup>3</sup> )
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko <sub>LJ</sub>	mleko <sub>KO</sub>	mleko <sub>BB</sub>	
dojenčki	22,5	22,5	11,0	7,5	199,4	199,4	199,4	0,165
7-12 let	76,3	37,6	55,8	71,9	73,0	73,0	73,0	0,465
odrasli	93,1	63,0	87,5	58,7	87,5	87,5	87,5	0,75
v mestu	100,0	85,0	99,0	86,0	150,0	150,0	150,0	0,75
na podeželju	110,0	95,0	108,0	76,0	142,0	142,0	142,0	0,9

Zaradi lokalnih posebnosti zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledica useda izpustov med černobilsko nesrečo smo naredili oceno doz zaradi ingestije mleka za tri lokacije, in sicer za Ljubljano (kot slovensko povprečje) ter za Kobarid in Bohinjsko Bistrico (povišane vrednosti).

Oceno doz opišemo tako za tri starostne skupine prebivalstva, upoštevamo različne lokacije zaradi ingestije mleka ter različne prehranjevalne navade prebivalcev v urbanem in ruralnem območju. Razdelitev skupin je shematsko predstavljena na spodnji sliki 6.2, kjer so posamezne podmnožice prebivalstva Slovenije označene z oznakami od A1 do E3.

	Dojenčki	Otroci	Odrasli		
			Mesto	Podeželje	
Ljubljana	A1	B1	C1	D1	E1
Kobarid	A2	B2	C2	D2	E2
Bohinjska Bistrica	A3	B3	C3	D3	E3

**Slika 6.2** | Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad.

### 6.2.5 Privzete specifične aktivnosti

Povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti umetnih radionuklidov – Cs-137, Sr-90 in H-3 – v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2018 so predstavljene v tabeli 6.2. Podatke za naravni radionuklid Pb-210 zgolj zaradi primerjave podajamo le informativno.

Tipično v povprečju za meso, sir in ostala živila živalskega izvora ne upoštevamo vrednosti za divjačino, v povprečju za sadje vrednosti za gozdne sadeže in v povprečju za zelenjavo vrednosti za gobe, v kolikor te vrednosti odstopajo od vrednosti siceršnjih vzorcev za en ali več velikostnih redov, saj teh živil povprečni prebivalec relativno malo zaužije v celotni prehrani, v samem povprečju specifičnih aktivnosti pa bistveno dvignejo vrednosti. Zato bi bili izračuni doz nerealni.

Za inhalacijo zraka v izračunih doz upoštevamo slovensko povprečje izmerjene vrednosti na vseh treh merskih lokacijah.

**Tabela 6.2** | Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2018

Izotop	Privzete specifične aktivnosti vzorcev							(Bq/m <sup>3</sup> ) voda	(mBq/m <sup>3</sup> ) zrak
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko <sub>LJ</sub>	mleko <sub>KO</sub>	mleko <sub>BB</sub>		
Cs-137	0,029	0,13	0,13	0,47	0,044	0,073	0,023	0,00039	1,7E-03
Sr-90	0,091	0,027	0,075	0,08	0,038	0,06	0,016	0,43	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	498	0
Pb-210	0,343	0,187	0,38	0,3	0,12	0,14	0	4,5	0,653

moka = moka, kruh, žitarice; meso = živila živalskega izvora; Pb-210 – le informativno

### 6.3 Doza zaradi ingestije in inhalacije

Pri oceni učinkovite doze zaradi vnosa z ingestijo smo upoštevali enačbi 6.3 in 6.4, podatke o količini zaužite hrane za različne starostne skupine iz tabele 6.2 in povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklidov v različnih vrstah hrane in pitne vode iz tabele 6.2, pri mleku smo upoštevali specifične aktivnosti za Ljubljano, Kobarid in Bohinjsko Bistrico. Vrednosti iz Ljubljane upoštevamo za slovensko povprečje, vrednosti iz Kobarida in Bohinjske Bistrice pa za lokalno posebnost zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledico černobilske nesreče. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje iz uredbe UV2 oziroma zbirke ICRP 119 [4, 53].

#### Ingestija.

V tabeli 6.3 so prikazane učinkovite doze zaradi ingestije posamezne vrste hrane in vode ter zaradi inhalacije dolgoživih černobilskih cepitvenih produktov – Cs-137 in Sr-90 (vpliv H-3 je zanemarljiv) – za dojenčke do 1 leta, otroke od 7 do 12 let in za odrasle za umetne radionuklide v hrani. Doze zaradi inhalacije dobimo ob upoštevanju koncentracij radionuklidov, izmerjenih v Ljubljani. Doza za odraslega prebivalca je v letu 2018 ocenjena na  $1,4 \pm 0,7 \mu\text{Sv}$ , za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz omenjene tabele.

Učinkovite doze v letu 2018 zaradi ingestije so primerljive s prejšnjimi leti (od 2003 dalje). V letu 2008 je opazna rahlo višja ocenjena vrednost, ki je posledica predvsem višje povprečne vrednosti Sr-90 v izbranih vzorcih zelenjave. V letu 2013 smo posodobili podatke o prehrani odraslih, kjer smo našli najnovejše podatke objavljene v letu 2006 [52], a se ti ne razlikujejo bistveno od starih.

#### Inhalacija.

Ocenjene učinkovite doze zaradi inhalacije so za vse tri starostne skupine iz prebivalstva, dojenčke do enega leta, otroke od 7 – 12 let in odrasle podobne kot v prejšnjih letih, in sicer  $0,2 \mu\text{Sv}$ . Izjema je leto 2017, ko so bile doze bistveno višje od prejšnjih let zaradi vdihavanja radioaktivnega oblaka z Ru-106, in sicer  $0,11 \pm 0,08 \mu\text{Sv}$ , je pa bil takratni prispevek Cs-137 k tej dozi primerljiv z ostalimi leti.

Tabela 6.3 | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2018.

Izotop	zelenjava	sadje	moka	meso	vrsta vzorca				voda	zrak
					mleko <sub>J</sub>	mleko <sub>CO</sub>	mleko <sub>BJ</sub>	dojenčki ( $\mu$ Sv)		
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija ( $\mu$ Sv)										
Cs-137	0,01	0,03	0,02	0,04	0,10	0,16	0,05	1,35E-06	6,05E-05	
Sr-90	0,47	0,14	0,19	0,14	1,74	2,75	0,73	1,63E-02	0,00E+00	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	5,26E-03	0,00E+00	
Skupaj	0,48±0,72	0,17±0,13	0,21±0,15	0,18±0,14	1,84±0,32	2,91±0,50	0,78±0,32	0,02±0,03	6,1E-5±4,5E-5	
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci ( $\mu$ Sv)										
Cs-137	0,02	0,05	0,07	0,34	0,03	0,05	0,02	1,81E-06	8,34E-05	
Sr-90	0,42	0,06	0,25	0,35	0,17	0,26	0,07	1,20E-02	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	5,33E-03	0	
Skupaj	0,44±0,64	0,11±0,09	0,32±0,21	0,68±0,35	0,20±0,03	0,32±0,05	0,09±0,03	0,02±0,02	8,3E-5±6,2E-5	
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno ( $\mu$ Sv)										
Cs-137	0,04	0,11	0,15	0,36	0,05	0,08	0,03	3,80E-06	9,89E-05	
Sr-90	0,24	0,05	0,18	0,13	0,09	0,15	0,04	9,03E-03	0	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	6,72E-03	0	
Skupaj	0,27±0,37	0,15±0,18	0,33±0,19	0,49±0,14	0,14±0,02	0,23±0,03	0,07±0,02	0,02±0,01	9,9E-5±7,3E-5	
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - urbano okolje ( $\mu$ Sv)										
Cs-137	0,04	0,14	0,17	0,53	0,09	0,14	0,04	3,80E-06	9,89E-05	
Sr-90	0,25	0,06	0,21	0,19	0,16	0,25	0,07	9,03E-03	0,00E+00	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	6,72E-03	0,00E+00	
Skupaj	0,29±0,39	0,21±0,24	0,38±0,21	0,72±0,21	0,25±0,03	0,39±0,05	0,11±0,03	0,02±0,01	9,9E-5±7,3E-5	
Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - ruralno okolje ( $\mu$ Sv)										
Cs-137	0,04	0,16	0,18	0,46	0,08	0,13	0,04	3,80E-06	9,89E-05	
Sr-90	0,28	0,07	0,23	0,17	0,15	0,24	0,06	9,03E-03	0,00E+00	
H-3	0	0	0	0	0	0	0	6,72E-03	0,00E+00	
Skupaj	0,32±0,43	0,23±0,27	0,41±0,23	0,63±0,19	0,23±0,03	0,37±0,04	0,11±0,03	0,02±0,01	9,9E-5±7,3E-5	

**Tabela 6.4** | Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2018.

	vrsta vzorca									
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko <sub>LJ</sub>	mleko <sub>KO</sub>	mleko <sub>BB</sub>	voda	zrak	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - dojenčki ( $\mu\text{Sv}$ )									
Pb-210	64,8	35,3	35,1	18,9	201,0	234,5	0,0	6,2	6,0	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci ( $\mu\text{Sv}$ )									
Pb-210	49,7	13,4	40,3	41,0	16,6	19,4	0,0	6,2	6,9	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno ( $\mu\text{Sv}$ )									
Pb-210	22,0	8,1	22,9	12,2	7,2	8,5	0,0	2,3	8,0	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje ( $\mu\text{Sv}$ )									
Pb-210	23,7	11,0	26,0	17,8	12,4	14,5	0,0	2,3	8,0	
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje ( $\mu\text{Sv}$ )									
Pb-210	26,0	12,3	28,3	15,7	11,8	13,7	0,0	2,3	8,0	

**Naravni radionuklidi (informativno).**

Za naravne radionuklide v tabeli 6.4 le informativno podajamo efektivno dozo samo zaradi ingestije in inhalacije Pb-210, ki ima velik dozni pretvorbni faktor. Najvišja vrednost je za dojenčke do enega leta starosti in znaša  $367 \mu\text{Sv}$ , za otroke od 7 do 12 let znaša  $174 \mu\text{Sv}$  in za odrasle  $83 \mu\text{Sv}$ , kjer upoštevamo ingestijo mleka v Ljubljani.

**Prispevki posameznih vrst hrane.**

Na sliki 6.3 smo za primer vnosa ljubljanskega mleka analizirali relativne prispevke posameznih vrst hrane, vode in zraka k skupni dozi zaradi ingestije in inhalacije. Pri dojenčkih k dozi zaradi specifične prehrane prevladuje prispevek mesa in mleka (več kot polovico). Pri otrocih in odraslih v letu 2018 prevladuje prispevek mesa – posamezni prispevki k dozi delno variirajo z leti in je predvsem statistična posledica izbire različnih vzorcev po različnih lokacijah v Sloveniji.

**Prispevki posameznih izotopov.**

Če primerjamo prispevke po posameznih izotopih, k dozi največ prispeva Sr-90, delež H-3 je zanemarljiv (okrog 0,1%), preostalo gre na račun Cs-137. Prispevek Sr-90 k dozi zaradi ingestije in inhalacije za dojenčke znaša v letu 2018 ~93%, za otroke ~71% in za odrasle ~50%, kot je tudi prikazano na sliki 6.4.

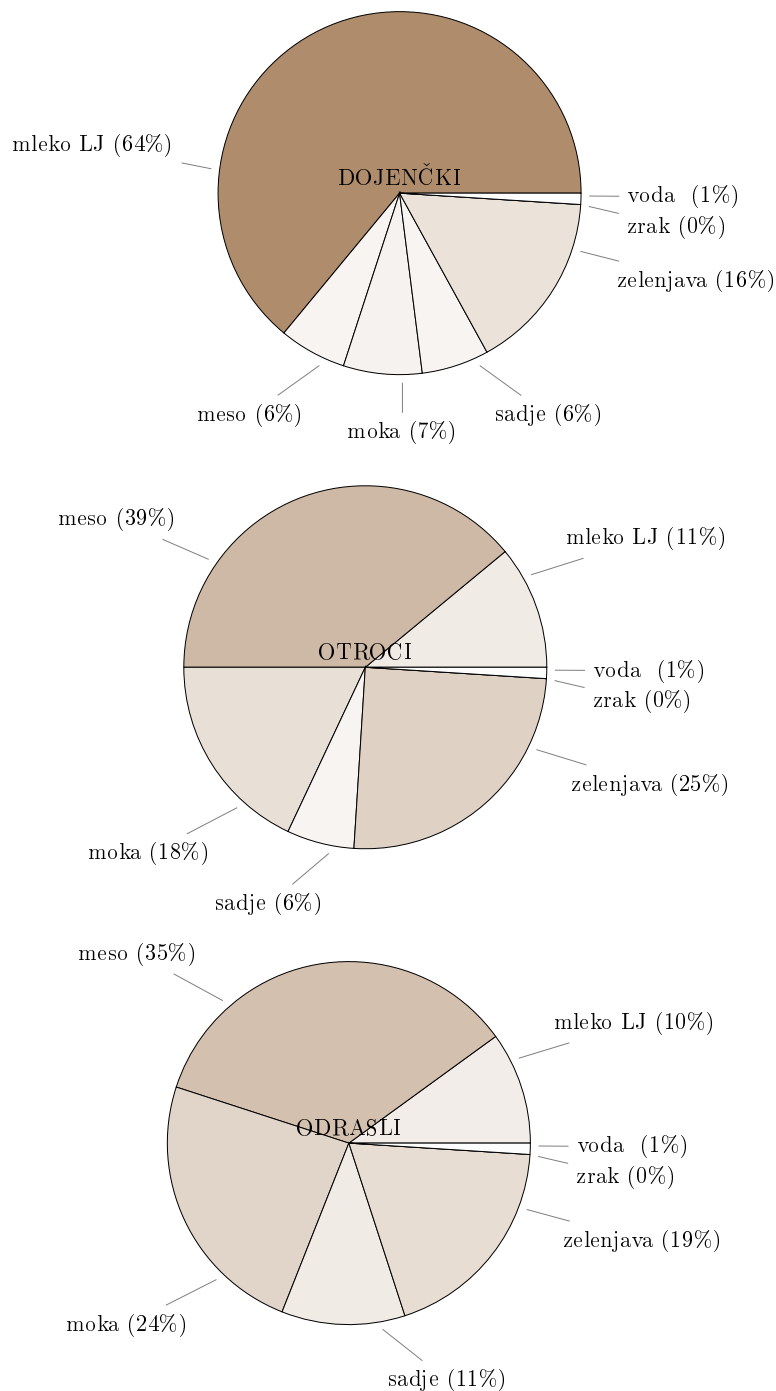
**6.4 Doza zaradi zunanjega sevanja**

Povprečni letni okoliški ekvivalent doze  $H^*(10)$  zaradi zunanjega sevanja v letu 2018 je bil  $870 \mu\text{Sv}$ . Ker je ocena černobilske doze zunanjega sevanja na osnovi meritev TL dozimetrov zelo konservativna in ker je negotovost podatkov izmerjenih pred letom 1986 velika, smo ocenili dozo zunanjega sevanja s pomočjo globinske porazdelitve černobilskega Cs-137 v zemlji [54]. Izotop v zemlji ni več porazdeljen eksponentno, kot v prvih letih po nesreči, pač pa se je vrh premaknil v globlje plasti. Globina vrha je odvisna od lastnosti zemlje. Porazdelitev tako lahko deloma opišemo z Gaussovo funkcijo [55]. Širina porazdelitve pa je prav tako odvisna od definicijskih lastnosti zemlje. S pomočjo te metode smo iz meritev koncentracij Cs-137 v zemlji ocenili dozo zunanjega sevanja za različne starostne in referenčne skupine prebivalstva. Pri tem smo tudi upoštevali različne deleže zadrževanja na prostem ali v zaprtih prostorih ter faktorje ščitenja v zaprtih prostorih (v mestih večje, na deželi manjše - glej tabelo 6.5), zato analiziramo doze za več referenčnih skupin, med drugim tudi za ruralno oziroma urbano območje.

**Tabela 6.5** | Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanjega sevanja

Lokacija	delež časa zadrževanja		faktor ščitenja v zaprtih prostorih
	v zaprtih prostorih	na prostem	
slovensko povprečje	0,8	0,2	0,9
urbana področja	0,8	0,2	0,95
ruralna področja	0,7	0,3	0,85

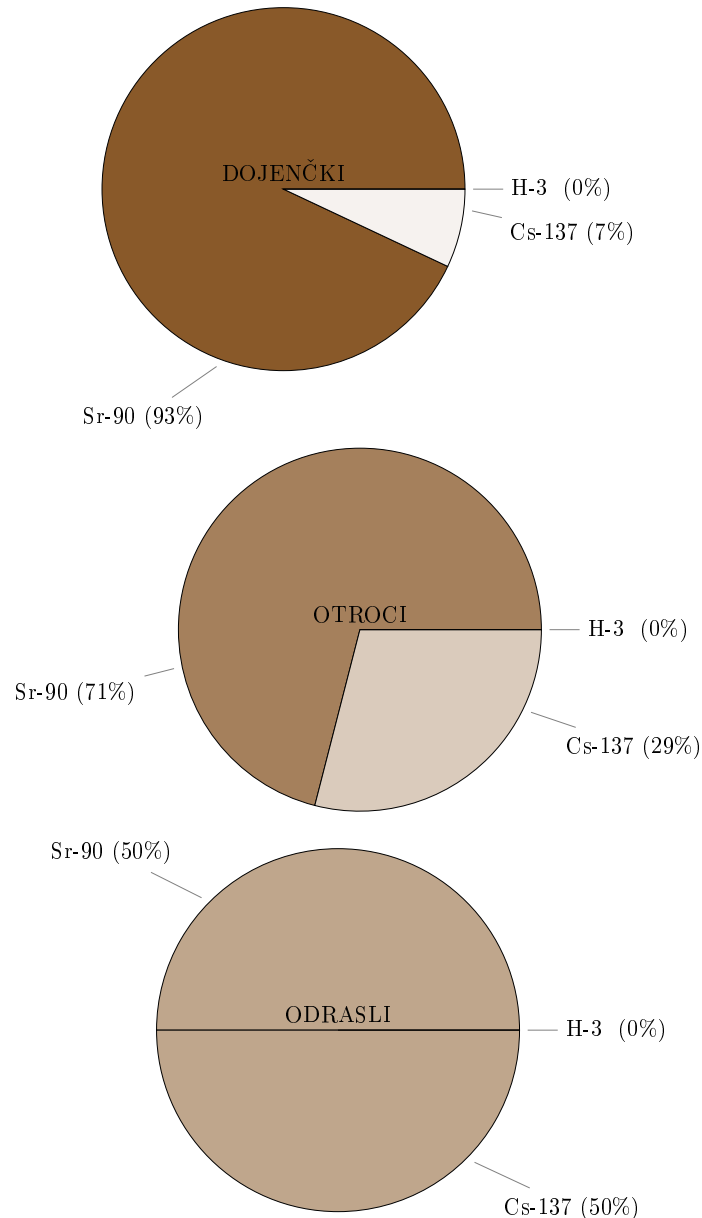
V tabeli 6.7 so prikazane izračunane efektivne doze prejete zaradi zunanjega obsevanja zaradi černobilskega Cs-137 v zemlji. Doza za odraslega prebivalca Slovenije je v letu 2018 ocenjena na  $4,7 \pm 0,2 \mu\text{Sv}$ , za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz tabele 6.7. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje med Gy in Sv za različne starostne skupine prebivalcev po UNSCEAR poročilu iz leta 2000, in sicer 0,91 za dojenčke, 0,79 za otroke in 0,69 za odrasle. Ti pretvorbni



**Slika 6.3** | Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko).

faktorji so konservativni, saj temeljijo na naravnih radionuklidih K-40, Th-232 in U-238, ker pa v izračunu doz upoštevamo le Cs-137, bi bili ti faktorji v skladu s priporočili ICRU Report 57 lahko 20% nižji.

Doza za odraslega prebivalca ocenjena za pretekla leta je prikazana v tabeli 6.6, kjer so vrednosti primerljive med sabo po letih. Drugačni oceni doze v letih 2006 in 2008 sta posledica druge lokacije vzorčenja zemlje v Ljubljani in vzorčevalca, kot je bila pred letom 2006 in nato ponovno v 2007. V vseh teh letih je bilo mesto odvzema vzorcev na lokaciji



**Slika 6.4** | Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)

ob Cesti dveh cesarjev, v letih 2006 in 2008 je bila lokacija vzorčenja na Reaktorskem izobraževalnem centru v Podgorici. Od leta 2009 dalje je lokacija ponovno ob Cesti dveh cesarjev. Specifične aktivnosti izmerjene v vzorcih zemlje iz lokacije na Reaktorskem centru so nekajkrat nižje od tistih iz lokacije ob Cesti dveh cesarjev. Primerjava ocenjenih doz v preteklih letih nam pokaže, da je bila črnbobilska kontaminacija precej neenakomerna in da je lahko Cs-137 zaradi razgibanosti terena ter difuzijskih lastnosti zemlje difundiral do različnih globin na posameznih lokacijah. Zato smo ocenili tudi dozo zunanjega sevanja na dveh ostalih lokacijah z lokalno višjimi vrednostmi Cs-137 - Kobarid in Bohinjska Bistrica (za slednjo privzamemo enako vrednost kot za Kobarid, saj tam zemlje ne vzorčimo). Rezultati prejetih letnih doz za vse referenčne skupine, prikazane na sliki 6.2, so navedene v tabeli 6.7.

**Tabela 6.6** | Ocenjene doze zaradi zunanjega obsevanja odraslih prebivalcev v preteklih letih

Leto	Doza zaradi zunanjega obsevanja ( $\mu\text{Sv}$ )
2003	6,5
2004	6,5
2005	4,8
2006	1,45
2007	4,8
2008	6,7
2009	7,6
2010	7,8
2011	7,0
2012	7,7
2013	6,2
2014	6,4
2015	6,0
2016	6,1
2017	5,5
2018	4,7

## 6.5 Skupna ocena doze

Na osnovi povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti dolgoživih umetnih radionuklidov v vzorcih zraka, vode in hrane, odvzetih v letu 2018, povprečnem letnem vnosu posameznih vrst hrane in pitne vode ter ob upoštevanju doznih pretvorbenih faktorjev v uredbi UV2 [4] smo ocenili pričakovano efektivno dozo:

- za dojenčke do enega leta starosti,
- za otroke od 7 do 12 let in
- za odrasle.

Izračun efektivnih doz smo naredili za različne referenčne skupine prebivalstva (slika 6.2), ki odražajo starostne skupine splošnih predstavnikov prebivalstva, kakor tudi specifične skupine bodisi zaradi lokalnih posebnosti, načinov prehranjevanja, bivanja ipd. Aktivnosti, zaužite s prehrano in vnesene v telo z dihanjem, ocenimo na podlagi izmerjenih vzorcev v preteklem letu. To pomeni, da lahko specifične aktivnosti v različnih vzorcih bistveno variirajo. Za izračun doz uporabimo metodologijo in enačbe predstavljene v poglavju 6.1, pri čemer za vhodne podatke uporabimo statistično obdelane vrednosti oziroma povprečne vrednosti aktivnosti z določeno negotovostjo oziroma standardno deviacijo ensambla vrednosti ( $a \pm \sigma_a$ ). Izračun prejetih doz opravimo tako s povprečnimi vrednostmi, ki odraža realno oceno, za primerjavo pa izračun opravimo še za t.i. *zgornjo mejo doze* oziroma *najvišjo pričakovano dozo*, kjer na ta način pokrijemo ~95 % vseh možnih primerov (95 % verjetnost, da doza posameznika iz prebivalstva ne preseže te izračunane vrednosti). Namesto negotovosti ocene doze je v našem primeru bolj smiselno podati zgornjo mejo letne doze, saj je razpon vrednosti predvsem posledica povprečenja vrednosti radionuklidov v posameznih vrstah vzorcev.

Rezultati ocenjenih doz za preteklo leto so prikazani v tabeli 6.7.

Skupna efektivna doza oziroma zgornja meja za odrasle zaradi vnosa umetnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo ter zaradi zunanjega obsevanja tal znaša  $6,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 6,8 \mu\text{Sv}$  na leto za odrasle,  $7,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 8,0 \mu\text{Sv}$  na leto za otroke od 7. do 12. leta starosti in  $9,0 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 11,0 \mu\text{Sv}$  na leto za dojenčke. V hrani večji del doze prispeva Sr-90, k zunanjemu sevanju pa k dozi največ prispeva Cs-137. V letu 2018

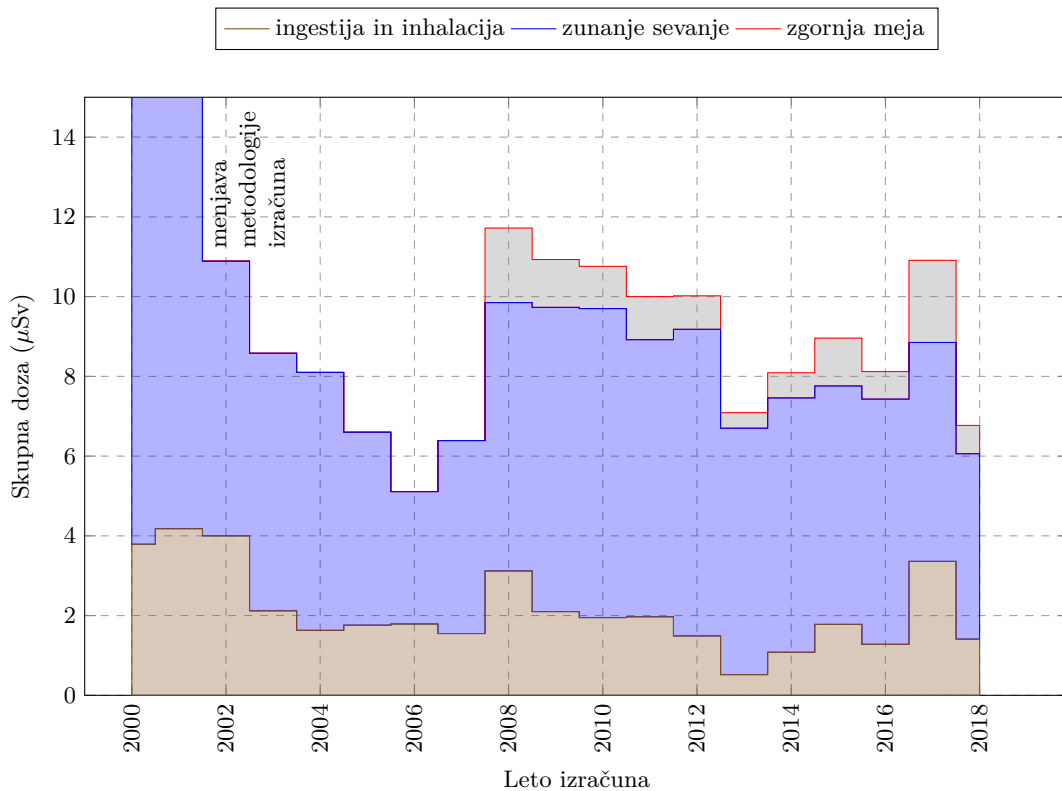


Tabela 6.7 | Obseвна obremenitev prebivalstva v letu 2018 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi

Starostna skupina	Prehranbene navade	Mleko	Referenčna skupina	Prejeta letna ekvivalentna doza ( $\mu\text{Sv}$ )		Skupna doza	Zgornja meja
				Ingestija in inhalacija	Zunanje sevanje		
dojenčki do 1 leta starosti	Pediatrska klinika	LJ	A1	2,9±1,9	6,1±0,3	9,0	< 11,0
		KB	A2	4,0±3,0	8,9±0,3	12,9	< 15,8
		BB	A3	1,8±1,0	8,9±0,3	10,7	< 11,7
otroci od 7 do 12 let	IAFEA podatki	LJ	B1	1,8±0,9	5,3±0,2	7,1	< 8,0
		KB	B2	1,9±0,9	7,7±0,2	9,6	< 10,6
		BB	B3	1,7±0,9	7,7±0,2	9,4	< 10,3
odrasli	statistični podatki	LJ	C1	1,4±0,7	4,7±0,2	6,1	< 6,8
		KB	C2	1,5±0,7	6,7±0,2	8,2	< 9,0
		BB	C3	1,3±0,7	6,7±0,2	8,1	< 8,8
odrasli	urbano okolje	LJ	D1	1,9±0,9	4,0±0,2	5,8	< 6,8
		KB	D2	2,0±1,0	5,8±0,2	7,8	< 8,8
		BB	D3	1,7±0,9	5,8±0,2	7,5	< 8,4
odrasli	ruralno okolje	LJ	E1	1,8±0,9	6,7±0,3	8,6	< 9,5
		KB	E2	2,0±0,9	9,8±0,3	11,7	< 12,7
		BB	E3	1,7±0,9	9,8±0,3	11,5	< 12,4

je k dozi zaradi inhalacije največ prispeval Cs-137.

Na sliki 6.5 je prikazana časovna odvisnost ocenjenih efektivnih doz za odraslega prebivalca Slovenije za obdobje od leta 2000 dalje. Na grafu je prikazana ločena doza zaradi prispevkov ingestije in inhalacije oziroma zunanjšega sevanja. Padec doze zunanjšega obsevanja v letu 2002 je posledica spremenjene metodologije vrednotenja doz. Do leta 2001 se je namreč dozo zunanjšega sevanja zaradi černobilske kontaminacije ocenjevalo iz odčitkov TL dozimetrom, kar je bilo obremenjeno z veliko negotovostjo meritve (ocenjeni vrednosti dozi zunanjšega sevanja sta znašali 53,7  $\mu\text{Sv}$  v letu 2000 in 50,0  $\mu\text{Sv}$  v letu 2001).



**Slika 6.5** | Predvidena efektivna doza  $H_E$  zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje





## 7 — Zaključki

### 7.1 Ugotovitve

V splošnem lahko rečemo, da je obremenitev prebivalca Slovenije zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v okolju kot posledica černobilske kontaminacije in bombnih poskusov nekaj  $\mu\text{Sv}$  letno. Določene letne variacije v oceni doze so posledica posameznih vzorcev z večjimi ali manjšimi koncentracijami radionuklidov ter seveda negotovosti meritev. Ocenjene doze zaradi umetnih radionuklidov v letu 2018 so primerljive s preteklimi leti. Ocenjena doza po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2018 za dojenčke  $9,0 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 11,0 \mu\text{Sv}$ , za otroke od 7 do 12 let  $7,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 8,0 \mu\text{Sv}$  in za odrasle  $6,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 6,8 \mu\text{Sv}$ . Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

Vpliv izpustov zaradi jedrske nesreče v Fukušimi 11. marca 2011 je bil v Sloveniji zanemarljiv. Nekaj mesecev po nesreči so bile merljive le vsebnosti izotopov I-131 in Cs-134 v zraku in padavinah, in sicer v marcu, aprilu ter delno maju 2011. V letu 2017 je delno povišan prispevek k dozi zaradi prehoda radioaktivnega oblaka nad Evropo, ki je posledica izpusta zaradi nesreče v predelovalnem obratu izrabljenega jedrskega goriva nekje južno od Urala v Rusiji. Ru-106 je bil merljiv v septembru, oktobru in delno v novembru 2017. Prispevek Ru-106 v letu 2017 k dozi zaradi ingestije in inhalacije je znašal okrog 3%, k skupni dozi (vključno z zunanjim obsevanjem) pa le okrog 1%.

Na podlagi meritev radioaktivnosti življenjskega okolja Republike Slovenije v letu 2018 ugotavljamo, da so bile specifične aktivnosti umetnih radionuklidov v hrani in zraku okrog 1% od mejnih vrednosti, predpisanih v uredbi UV2 [4].

Letne efektivne doze zaradi ingestije umetnih radionuklidov in letne doze zaradi izpostavljenosti zunanjem sevanju so v okviru povprečnih svetovnih vrednosti, navedenih v poročilih UNSCEAR 2000 [45] in UNSCEAR 2006 [56].

### 7.2 Priporočila

V letu 2018 je bilo upoštevanih več naših predlogov iz preteklih let:

- vzorčenje zemlje v plasteh do 30 cm, kasneje predvidoma do globin 50 cm,
- razpisana projektna naloga meritev na poljedeljsko intenzivnih območjih in uporabe umetnih gnojil, ki imajo praviloma višje koncentracije K-40. Nimamo podatkov o

- izvedbi meritev, zato težko komentiramo anomalije v Savinji in Muri,
- meritve vzorcev lesnih kuriv.

**Priporočilo 7.1** V povezavi z izvedbo meritev vzorcev na poljedeljsko intenzivnih območjih predlagamo tudi redne meritve na terenu z gama spektrometrijo in-situ. Tako lahko za primerjavo z neobdelano zemljo dobimo meritve obdelane zemlje. ■

**Priporočilo 7.2** Izvajalcem meritev radioaktivnosti še naprej predlagamo, da vzorce zraka poletnih mesecev vzorčijo in merijo pod takšnimi pogoji, da so detekcijske meje Cs-137 precej znižane in na ta način dobljene vrednosti odražajo realnejše stanje spremljanja sezonskih variacij in dolgoročnih trendov. V prvi vrsti lahko pomeni daljši čas meritve, nato pa postopoma na primer optimalna izbira pri prihodnji zamenjavi iztrošene merske ali vzorčevalne opreme – občutljivost detektorja, znižanje ozadja, kapaciteta črpalke za čim večji vzorčeni volumen ipd. ■

V letu 2017 je nad Evropo v septembru in oktobru prešel radioaktivni oblak, kjer je bil izmerjen izotop Ru-106 (v nekaterih državah tudi Ru-103). Po ocenah tujih inštitutov je bil izpust konec septembra, nekje v Rusiji [57, 58]. Nad Evropo je bila glavnina oblaka ravno zadnje dneve septembra, zato so bili izpusti odkriti v začetku oktobra. V primeru zamika izpusta za nekaj dni bi v Sloveniji zaradi mesečne periodike vzorčenja in meritev zraka, radioaktivni oblak odkrili šele v začetku novembra.

**Priporočilo 7.3** Predlagamo, da se preide z mesečne frekvence vzorčenja zraka na vsaj dvotedensko ali pogostejšo, saj bi le v takem primeru dovolj hitro odkrili morebitno kontaminacijo v zraku in bi lahko v primeru večjih izpustov državni organi izdali pravočasne zaščitne ukrepe. ■



## Literatura

- [1] Državni zbor RS. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur. list RS št. 76/2017, 2017.
- [2] Ministrstvo za okolje in prostor. Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti. Ur. list RS št. 20/2007, 97/2009, 2009.
- [3] Ministrstvo za zdravje. Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz. Ur. list RS št. 47/2018, 2018.
- [4] Vlada RS. Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji. Ur. list RS št. 18/2018, 2018.
- [5] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju januar – marec 2018. Poročilo LMSAR-20180009-A-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [6] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju april – junij 2018. Poročilo LMSAR-20180009-B-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [7] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju julij – september 2018. Poročilo LMSAR-20180009-C-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [8] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju oktober – december 2018. Poročilo LMSAR-20180009-D-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2019.
- [9] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju. Poročilo 67/2018, Institut "Jožef Stefan", 2018.
- [10] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2018 - faza 1 (sklop 1). Poročilo LMSAR-215/2018-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.

- [11] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2018 - faza 2 (sklop 1). Poročilo LMSAR-239/2018-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [12] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2018 - faza 3 (sklop 1). Poročilo LMSAR-16/2019-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2019.
- [13] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, monitoring radioaktivnosti pitne vode. Poročilo 44/2018, Institut "Jožef Stefan", 2018.
- [14] ZVD. Poročilo o izvedbi vzorčenja in preiskav krme na aktivnost sevalcev gama in beta za leto 2018. Technical Report LMSAR-20180051-A-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2018.
- [15] S. Stoulos, A. Ioannidou, E. Vagena, P. Koseoglou, and M. Manolopoulou. Post-Chernobyl Cs-137 in the atmosphere of Thessaloniki: a consequence of the financial crisis in greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 128:68–74, 2014.
- [16] M. Hus, Košutić. K., and S. Lulić. Radioactive contamination of wood and its products. *Journal of Environmental Radioactivity*, 55(2):179–186, 2001. ISSN 0265-931X. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(00\)00191-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(00)00191-0). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X00001910>.
- [17] I. Suchara, P. Rulík, J. Hůlka, and H. Pilátová. Retrospective determination of Cs-137 specific activity distribution in spruce bark and bark aggregated transfer factor in forests on the scale of the Czech Republic ten years after the Chernobyl accident. *Science of the Total Environment*, 409(11):1927–1934, 2011.
- [18] I. Lovrenčić, M. Volner, D. Barišić, M. Popijac, N. Kezić, I. Seletković, and S. Lulić. Distribution of Cs-137, K-40 and Be-7 in silver fir-tree (*Abies alba* l.) from gorski kotar, croatia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 275(1):71–79, 2008. ISSN 0236-5731. doi: [10.1007/s10967-007-7009-2](http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2). URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2>.
- [19] A. H. Rantavaara, L. J. Aro, A. H. Rantavaara, and L. J. Aro. Radiological impact of using forest tree biomass for energy and recycling the ash. *Radioprotection*, 44:927–932, 1 2009. ISSN 1769-700X. doi: [10.1051/radiopro/20095165](http://dx.doi.org/10.1051/radiopro/20095165). URL [http://www.radioprotection.org/article\\_S0033845109051655](http://www.radioprotection.org/article_S0033845109051655).
- [20] Constantin Cosma, Andra Rada Iurian, Reka Incze, Tibor Kovacs, and Zora S. Žunić. The use of tree bark as long term biomonitor of <sup>137</sup>Cs deposition. *Journal of Environmental Radioactivity*, 153:126–133, 3 2016. ISSN 0265-931X. doi: [10.1016/j.jenvrad.2015.12.019](http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.12.019).
- [21] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2013. Poročilo LMSAR-20140003-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2014.
- [22] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2014. Poročilo LMSAR-20150005-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2015.
- [23] ZVD. Poročilo o obsevanosti prebivalcev slovenije v letu 2015. Poročilo LMSAR-20160009-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2016.

- [24] ZVD. Letna poročila o radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije. Poročilo od 1964 dalje, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 1964-.
- [25] IJS. Letna poročila o nadzoru radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško. Poročilo od 2003 dalje, Institut "Jožef Stefan", 2003-.
- [26] Agencija RS za okolje. Državne evidence izpustov onesnaževal zrak, preglednica ZR15-2: Struktura izpustov delcev različnih velikosti leta 2011 glede na vir onesnaževanja. [http://kazalci.arso.gov.si/xml\\_table?data=graph\\_table&graph\\_id=10448&ind\\_id=545](http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=10448&ind_id=545), 2013.
- [27] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2013. [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10\\_dec013\\_slo.pdf](http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf), 2014.
- [28] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2014. [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10\\_dec2014\\_slo.pdf](http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec2014_slo.pdf), 2015.
- [29] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2015. [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10\\_dec2015\\_slo.pdf](http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec2015_slo.pdf), 2016.
- [30] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2016. [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10\\_dec16\\_slo.pdf](http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec16_slo.pdf), 2017.
- [31] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev PM10 v letu 2017. [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10\\_jan18\\_slo.pdf](http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_jan18_slo.pdf), 2018.
- [32] Agencija RS za okolje. Kazalci okolja v sloveniji, EN18 obnovljivi viri energije, preglednica EN18-3: Raba obnovljivih virov energije. [http://kazalci.arso.gov.si/xml\\_table?data=graph\\_table&graph\\_id=13179&ind\\_id=643](http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=13179&ind_id=643), 2014.
- [33] EUROSTAT. Supply, transformation and consumption of renewable energies - annual data (nrg 107a): Biomass and renewable wastes, gross inland consumption. [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK\\_DS-368586\\_QID\\_-29CD7908\\_UID\\_-3F171EB0&layout=TIME,C,X,0;GEO,L,Y,0;UNIT,L,Z,0;PRODUCT,L,Z,1;INDIC\\_NRG,L,Z,2;INDICATORS,C,Z,3;&zSelection=DS-368586INDIC\\_NRG,B\\_100900;DS-368586UNIT,KTOE;DS-368586PRODUCT,5540;DS-368586INDICATORS,OBS\\_FLAG;&rankName1=UNIT\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName2=INDICATORS\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName3=PRODUCT\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName4=INDIC\\_NRG\\_1\\_2\\_-1\\_2&rankName5=TIME\\_1\\_0\\_0\\_0&rankName6=GEO\\_1\\_0\\_0\\_1&sortR=ASC\\_-1\\_FIRST&sortC=ASC\\_-1\\_FIRST&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time\\_mode=ROLLING&time\\_most\\_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-368586_QID_-29CD7908_UID_-3F171EB0&layout=TIME,C,X,0;GEO,L,Y,0;UNIT,L,Z,0;PRODUCT,L,Z,1;INDIC_NRG,L,Z,2;INDICATORS,C,Z,3;&zSelection=DS-368586INDIC_NRG,B_100900;DS-368586UNIT,KTOE;DS-368586PRODUCT,5540;DS-368586INDICATORS,OBS_FLAG;&rankName1=UNIT_1_2_-1_2&rankName2=INDICATORS_1_2_-1_2&rankName3=PRODUCT_1_2_-1_2&rankName4=INDIC_NRG_1_2_-1_2&rankName5=TIME_1_0_0_0&rankName6=GEO_1_0_0_1&sortR=ASC_-1_FIRST&sortC=ASC_-1_FIRST&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time_mode=ROLLING&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23), 2017.
- [34] Agencija RS za okolje. Kazalci okolja v sloveniji, EN18 obnovljivi viri energije. [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=643](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=643), 2014.



- [35] Statistični urad RS. Podatkovni portal SI-STAT - končna poraba energije po vrsti energetskega vira (naravne enote), gospodinjstva, Slovenija, letno. [http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1815404s&ti=&path=../Database/Okolje/18\\_energetika/07\\_18154\\_poraba\\_gospodinjstva/&lang=2](http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1815404s&ti=&path=../Database/Okolje/18_energetika/07_18154_poraba_gospodinjstva/&lang=2), 2018.
- [36] Ukrainian arborist. Forest fires in the ukraine chernobyl exclusion zone. [http://www.fire.uni-freiburg.de/GFMCnew/2016/07/20161707\\_ua-chernobyl.htm](http://www.fire.uni-freiburg.de/GFMCnew/2016/07/20161707_ua-chernobyl.htm), 2016.
- [37] European Space Agency. The force that protects our planet. [http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/05/The\\_force\\_that\\_protects\\_our\\_planet](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/05/The_force_that_protects_our_planet), 2014.
- [38] M. Yoshimori. Atmospheric transport inferred from seasonal variations in cosmogenic Be-7 concentrations. In *Proceedings of the 30th International Cosmic Ray Conference*, July 3–11, 2007 2007. Mérida, Yucatán.
- [39] H. W. Feely, R. J. Larsen, and C. G. Sanderson. Factors that cause seasonal variations in Beryllium-7 concentrations in surface air. *Journal of Environmental Radioactivity*, 9(3):223–249, 1989.
- [40] K. Tokieda, T. Yamanaka, K. Harada, and S. Tsunogai. Seasonal variations of residence time and upper atmospheric contribution of aerosols studied with Pb-210, Bi-210, Po-210 and Be-7. *Tellus B*, 48(5):690—702, 1996.
- [41] National Academy of Sciences Space Studies Board, National Research Council. *Exploration of the Outer Heliosphere and the Local Interstellar Medium: A Workshop Report*. The National Academies Press, Washington, D.C., USA, 2004.
- [42] Brussels WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium. Total sunspot number. <http://sidc.oma.be/silso/datafiles>, 2019.
- [43] National Aeronautics and Space Administration. Sunspots and solar flares. [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_2201.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2201.html), 2017.
- [44] L. Lebaron-Jacobs, J. Garnier-Laplace, B. Lopez, C. Adam-Guillermin, I. Dublineau, S. Roussel-Debet, C. Antonelli, B. Fievet, P. Bailly du Bois, and M. Masson. *Tritium*, volume 30 of *Toxicologie nucléaire environnementale et humaine*. Lavoisier, 2009.
- [45] UNSCEAR. *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume I – Annex A: Dose Assessment Methodologies*. UNSCEAR Report 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna, Austria, 2000.
- [46] P. Guétat, C. Douche, and J.C. Hubinois. Le tritium et l’environnement: sources, mesures et transferts. *Radioprotection*, 43:547–569, 2008.
- [47] World Nuclear Association. World nuclear power reactors and uranium requirements. <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>, 2016.
- [48] IAEA. *Heavy water reactors: status and projected development*. IAEA Technical Reports Series 407. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2002.
- [49] W. G. Alberts, P. Ambrosi, J. Böhm, G. Dietze, K. Hohlfeld, and W. Will. New dose quantities in radiation protection. Poročilo PTB-Dos-23e, PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 1995.

- [50] P. Jovanovič. Radioaktivna kontaminacija alpskega predela slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov. Poročilo, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2004.
- [51] IAEA. *Assessment of doses to the public from ingested radionuclides*. IAEA Safety Reports Series 14. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1999.
- [52] Statistični urad RS. Anketa o porabi v gospodinjstvih, slovenija, 2004 - količina porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, letno povprečje, 2004. <http://www.stat.si/PrikaziDatoteko.aspx?id=247>, 2006.
- [53] International Commission on Radiological Protection. *Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60*, volume ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.) of *Annals of the ICRP*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 2012.
- [54] A. Likar, T. Vidmar, and B. Pucelj. Monte Carlo determination of gamma-ray dose rate with the GEANT system. *Health Physics*, 75(2):165–169, 1998.
- [55] A. Likar, G. Omahen, M. Lipoglavšek, and T. Vidmar. A theoretical description of diffusion and migration of Cs-137 in soil. *Journal of Environmental Radioactivity*, 57:191–201, 2001.
- [56] UNSCEAR. *Effects of ionizing radiation, Volume I – Annex A: Epidemiological studies of radiation and cancer*. UNSCEAR Report 2006. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna, Austria, 2008.
- [57] Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. Report on the IRSN's investigations following the widespread detection of Ru-106 in Europe early October 2017. [http://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Documents/IRSN\\_Report-on-IRSN-investigations-of-Ru-106-in-Europe-in-october-2017.pdf](http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_Report-on-IRSN-investigations-of-Ru-106-in-Europe-in-october-2017.pdf), 2018.
- [58] SCK-CEM Belgian Nuclear Research Centre. SCK-CEN publishes study on the presence of radioactive ruthenium-106 together with the RMI. [http://www.sckcen.be/en/News/20171221\\_Ruthenium](http://www.sckcen.be/en/News/20171221_Ruthenium), 2018.
- [59] Joint Committee for Guides in Metrology. Evaluation of measurement data — guide to the expression of uncertainty in measurement. [http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf), 2008.



#### Pojasnila k tabelam

Zapisi meritev ZVD

Zapisi meritev IJS

Zrak

Padavine

Tekoče vode

Zemlja

Morje - voda in sedimenti

Zunanje sevanje

Pitna voda

Hrana

Krmila

Lesna kuriva

## A — Rezultati meritev

### A.1 Pojasnila k tabelam

#### A.1.1 Zapisi meritev ZVD

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih so preračunane na datum vzorčenja. Število podano za znakom  $\pm$  je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo (v kolikor ni drugače navedeno). Število podano za znakom  $<$  je spodnja meja aktivnosti, ki jo lahko določimo za dani izotop in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo. Aktivnosti navedene v poročilu v prilogi A se nanašajo le na izmerjeni vzorec in ne na celotni vzorčeni material. Ekshalacija radona iz posode z vzorcem ni upoštevana.

#### A.1.2 Zapisi meritev IJS

Izmerki v tabelah so zapisani po naslednjih pravilih:

- Specifične aktivnosti in koncentracije aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčenja.
- Rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama so izraženi kot neposredni merski rezultati,  $y \pm u(y)$ , pri čemer je  $u(y)$  združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja  $k = 1$ ). Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštewane.
- Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo neposredni merski rezultat, ki ga označimo z znakom  $\ddagger$ , pod tabelo pa dopišemo, da gre za merski rezultat pod mejo kvantifikacije; v prejšnjih poročilih se je vrednost izmerka prištela k razširjeni negotovosti ( $k = 2$ ), rezultat pa smo označili kot manjši ( $<$ ) od dobljene številčne vrednosti.
- Specifične aktivnosti in koncentracije aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.
- Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM [59].

- Spodnjo mejo aktivnosti se zaradi visoke detekcijske meje poroča le za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomemben pri oceni doz. To se poroča kot mersko negotovost. Številska vrednost spodnje meje aktivnosti pri danih pogojih meritve se nanaša na interval zaupanja s 95 % zanesljivostjo.
- Pri ostalih nedetektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele ne pišemo. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.
- V tabele ne pišemo spodnjih detekcijskih mej, ki so ocenjene iz velikosti ozadja, verjetnosti za detekcijo in količine vzorca.
- Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci smo izračunali iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.
- Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234M, ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.
- Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.
- Radiokemična analiza stroncija Sr-89/Sr-90 je bila narejena na Odseku O-2, na Odsek F-2 so bile specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti v Bq/m<sup>3</sup> za vodne in aerosolne vzorce) poročane v enotah Bq/kg suhe snovi. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/kg sveže snovi ali Bq/m<sup>3</sup> za vodne in aerosolne vzorce), ki je bil izveden na Odseku F-2.

## A.2 Zrak

Tabela A.1 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Murska Sobota

Oznaka vzorca	ZRMS0118	ZRMS0218	ZRMS0318	ZRMS0418	ZRMS0518	ZRMS0618	
Datum vzorčenja	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum meritve	09.02.18	05.03.18	12.04.18	04.05.18	05.06.18	03.07.18	Polletno mesečno
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	18110	20684	41550	33880	38580	22470	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )							
U (Th-234)		6,8E-6 ± 3,9E-6				4,2E-6 ± 4,0E-6	1,8E-6 ± 3,2E-6
Ra-226*	6,1E-6 ± 5,2E-7	4,3E-6 ± 4,8E-7	2,8E-6 ± 3,8E-7	4,0E-6 ± 3,1E-7	2,2E-6 ± 3,5E-7	4,4E-6 ± 5,3E-7	4,0E-6 ± 1,4E-6
Pb-210	2,2E-4 ± 1,1E-5	4,4E-4 ± 2,0E-5	3,6E-4 ± 1,6E-5	4,4E-4 ± 1,9E-5	4,0E-4 ± 1,8E-5	5,6E-4 ± 2,5E-5	4,0E-4 ± 1,1E-4
Th (Ra-228)	1,4E-6 ± 1,2E-6	3,7E-6 ± 1,1E-6		3,4E-6 ± 6,4E-7		2,3E-6 ± 1,1E-6	1,8E-6 ± 1,7E-6
Th-228				6,5E-6 ± 6,0E-7	8,5E-6 ± 8,6E-7	1,2E-5 ± 1,1E-6	4,5E-6 ± 5,2E-6
K-40	4,7E-4 ± 1,4E-5	4,2E-4 ± 1,4E-5	2,1E-4 ± 8,5E-6	3,2E-4 ± 8,6E-6	2,2E-4 ± 8,7E-6	4,1E-4 ± 1,3E-5	3,4E-4 ± 1,1E-4
Be-7	1,7E-3 ± 4,6E-5	1,7E-3 ± 4,9E-5	1,9E-3 ± 5,3E-5	5,3E-3 ± 1,4E-4	5,1E-3 ± 1,4E-4	6,8E-3 ± 1,9E-4	3,8E-3 ± 2,3E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 2,5E-6	7,1E-7 ± 1,9E-7	1,2E-6 ± 2,1E-7	8,9E-7 ± 1,4E-7	< 1,4E-6	8,3E-7 ± 2,1E-7	9,3E-7 ± 3,5E-7
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							
Oznaka vzorca	ZRMS0718	ZRMS0818	ZRMS0918	ZRMS1018	ZRMS1118	ZRMS1218	
Datum vzorčenja	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum meritve	13.09.18	07.09.18	05.10.18	06.11.18	07.12.18	07.01.19	Letno mesečno
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	38544	26390	27629	27340	20159	25924	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )							
U (Th-234)		9,8E-6 ± 2,5E-6	4,4E-6 ± 2,9E-6				2,1E-6 ± 3,6E-6
Ra-226*	3,2E-6 ± 3,5E-7	4,0E-6 ± 3,5E-7	3,0E-6 ± 3,9E-7	3,3E-6 ± 4,0E-7	1,8E-6 ± 1,8E-6	1,4E-6 ± 8,3E-7	3,4E-6 ± 1,4E-6
Pb-210	4,3E-4 ± 1,9E-5	8,4E-4 ± 3,6E-5	8,5E-4 ± 3,7E-5	1,1E-3 ± 4,9E-5	1,5E-3 ± 6,4E-5	9,1E-4 ± 4,0E-5	6,7E-4 ± 3,7E-4
Th (Ra-228)	1,5E-6 ± 6,1E-7	8,5E-7 ± 7,0E-7	2,9E-6 ± 8,4E-7	1,1E-6 ± 8,4E-7	3,1E-6 ± 7,7E-7		1,7E-6 ± 1,5E-6
Th-228		3,7E-6 ± 6,4E-7	9,5E-7 ± 7,8E-7		2,5E-6 ± 8,3E-7	2,3E-6 ± 9,7E-7	3,0E-6 ± 3,9E-6
K-40	2,3E-4 ± 8,0E-6	3,4E-4 ± 9,4E-6	2,3E-4 ± 8,2E-6	3,6E-4 ± 1,0E-5	3,6E-4 ± 1,1E-5	3,6E-4 ± 1,3E-5	3,3E-4 ± 8,8E-5
Be-7	6,1E-3 ± 1,7E-4	7,5E-3 ± 2,0E-4	4,6E-3 ± 1,2E-4	5,4E-3 ± 1,5E-4	4,7E-3 ± 1,3E-4	2,4E-3 ± 6,6E-5	4,4E-3 ± 2,0E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 6,1E-6	< 1,2E-6	< 1,6E-6	< 1,4E-6	< 1,5E-6	1,9E-6 ± 3,0E-7	1,1E-6 ± 7,9E-7
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							

Tabela A.2 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja

ZVD

Oznaka vzorca	ZRPM0118	ZRPM0217	ZRPM0318	ZRPM0418	ZRPM0518	ZRPM0618	
Datum vzorčenja	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum meritve	05.02.18	05.03.18	06.04.18	07.05.18	08.06.18	09.07.18	Polletno mesečno
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	12810	15430	8481	8899	9555	9716	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )							
U (Th-234)		2,0E-5 ± 4,2E-6		1,6E-5 ± 9,8E-6	1,8E-5 ± 8,0E-6		8,9E-6 ± 1,1E-5
Ra-226*	6,9E-6 ± 7,8E-7	7,2E-6 ± 6,2E-7	7,9E-6 ± 1,0E-6	7,1E-6 ± 1,3E-6	7,9E-6 ± 9,9E-7	6,8E-6 ± 9,4E-7	7,3E-6 ± 1,1E-6
Pb-210	3,2E-4 ± 1,6E-5	2,9E-4 ± 1,3E-5	2,6E-4 ± 1,5E-5	3,4E-4 ± 1,8E-5	4,6E-4 ± 2,2E-5	3,5E-4 ± 1,8E-5	3,3E-4 ± 7,2E-5
Th (Ra-228)	3,1E-6 ± 1,7E-6	3,1E-6 ± 1,5E-6	2,9E-6 ± 2,3E-6		6,7E-6 ± 2,5E-6	1,2E-5 ± 3,2E-6	4,6E-6 ± 4,6E-6
Th-228	6,0E-6 ± 1,6E-6		3,0E-6 ± 2,0E-6	3,4E-6 ± 2,6E-6	5,9E-6 ± 2,4E-6		3,1E-6 ± 3,0E-6
K-40	6,6E-4 ± 2,1E-5	4,1E-4 ± 1,4E-5	1,0E-3 ± 2,8E-5	1,0E-3 ± 3,4E-5	9,6E-4 ± 3,2E-5	9,9E-4 ± 2,4E-5	8,4E-4 ± 2,5E-4
Be-7	2,6E-3 ± 7,2E-5	1,7E-3 ± 4,8E-5	2,4E-3 ± 6,6E-5	4,9E-3 ± 1,3E-4	5,4E-3 ± 1,5E-4	4,3E-3 ± 1,2E-4	3,5E-3 ± 1,5E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 3,2E-6	8,3E-7 ± 3,0E-7	< 3,3E-6	< 6,2E-6	< 1,6E-5	1,3E-6 ± 6,1E-7	2,7E-6 ± 2,9E-6
Ru-106	1,3E-5 ± 3,1E-6						2,1E-6 ± 5,1E-6
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja. * Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							
Oznaka vzorca	ZRPM0718	ZRPM0818	ZRPM0918	ZRPM1018	ZRPM1118	ZRPM1218	
Datum vzorčenja	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum meritve	10.08.18	10.09.18	05.10.218	07.11.18	07.12.18	07.01.19	Letno mesečno
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	11040	11690	9440	9849	9260	6165	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )							
U (Th-234)	1,0E-6 ± 1,3E-5	1,5E-5 ± 5,1E-6	1,0E-5 ± 3,9E-6	1,0E-5 ± 8,6E-6	1,6E-5 ± 8,5E-6	3,1E-4 ± 5,6E-5	3,5E-5 ± 8,8E-5
Ra-226*	1,1E-5 ± 1,6E-6	7,9E-6 ± 1,0E-6	1,9E-6 ± 9,5E-6		7,0E-6 ± 9,5E-7	5,1E-6 ± 2,9E-6	6,4E-6 ± 3,4E-6
Pb-210	7,9E-4 ± 6,2E-5	5,1E-4 ± 2,5E-5	6,9E-4 ± 3,0E-5	7,3E-4 ± 3,3E-5	3,2E-4 ± 1,7E-5	8,3E-5 ± 1,9E-5	4,3E-4 ± 2,2E-4
Th (Ra-228)					1,1E-5 ± 2,5E-6	1,8E-5 ± 7,2E-6	4,8E-6 ± 6,3E-6
Th-228			1,5E-6 ± 8,7E-7			2,2E-5 ± 5,2E-6	3,5E-6 ± 6,4E-6
K-40	1,1E-3 ± 6,5E-5	7,3E-4 ± 2,5E-5	9,5E-4 ± 2,4E-5	9,0E-4 ± 2,9E-5	9,1E-4 ± 3,1E-5	1,4E-3 ± 5,8E-5	9,2E-4 ± 2,4E-4
Be-7	9,9E-3 ± 2,8E-4	5,1E-3 ± 1,4E-4	5,4E-3 ± 1,4E-4	4,3E-3 ± 1,2E-4	2,1E-3 ± 6,0E-5	3,2E-3 ± 9,5E-5	4,3E-3 ± 2,2E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 6,1E-6	< 4,0E-6	< 1,9E-6	< 5,2E-6	1,8E-6 ± 5,0E-7	< 1,3E-5	2,7E-6 ± 2,5E-6
Ru-106							1,0E-6 ± 3,6E-6
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja. * Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano							

Tabela A.3 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana



Vzorč. mesto	Ljubljana						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	138101,1	118468,0	139477,4	128136,4	133650,8	125757,9	
Oznaka vzorca	RP18AE111	RP18AE121	RP18AE131	RP18AE141	RP18AE151	RP18AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22	8,1E-07 ± 3E-06 ‡			5,0E-07 ± 2E-07	6,7E-07 ± 2E-07	4,4E-07 ± 3E-07	2,7E-07 ± 7E-08
U-238							1,3E-07 ± 5E-07
Ra-226							3,0E-07 ± 4E-06
Pb-210	5,1E-04 ± 3E-05	7,7E-04 ± 5E-05	6,7E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 4E-05	7,7E-04 ± 5E-05	1,8E-06 ± 2E-05 ‡	6,5E-04 ± 2E-05
Ra-228	3,2E-07 ± 8E-07 ‡		2,1E-07 ± 9E-07 ‡			8,5E-07 ± 1E-06 ‡	2,3E-07 ± 3E-07
Th-230							
Th-232	2,0E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 6E-07	1,6E-06 ± 5E-07	1,8E-06 ± 7E-07	1,3E-06 ± 6E-07	1,5E-06 ± 6E-07	1,7E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	2,0E-03 ± 8E-05	2,5E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	6,8E-03 ± 3E-04	6,1E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,8E-06 ± 2E-07	2,2E-06 ± 3E-07	1,9E-06 ± 4E-07	6,4E-07 ± 3E-07	2,3E-07 ± 2E-07 ‡	1,4E-08 ± 1E-07 ‡	1,1E-06 ± 1E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

Vzorč. mesto	Ljubljana						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	132016,4	146803,2	118103,6	138945,0	119523,2	84462,2	
Oznaka vzorca	RP18AE171	RP18AE181	RP18AE191	RP18AE1A1	RP18AE1B1	RP18AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22	1,3E-06 ± 3E-07		3,8E-08 ± 3E-07 ‡				2,5E-07 ± 5E-08
U-238	2,0E-06 ± 3E-06 ‡						2,3E-07 ± 3E-07
Ra-226							1,5E-07 ± 2E-06
Pb-210	8,7E-04 ± 5E-05	6,4E-04 ± 2E-04	1,2E-03 ± 7E-05	1,3E-03 ± 7E-05	1,4E-03 ± 9E-05	1,1E-03 ± 4E-05	8,6E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,4E-07 ± 8E-07 ‡	9,4E-07 ± 1E-06 ‡		2,9E-07 ± 9E-07 ‡		7,0E-07 ± 2E-06 ‡	3,3E-07 ± 3E-07
Th-230							
Th-232	2,5E-06 ± 4E-07	3,6E-06 ± 6E-07	2,1E-06 ± 8E-07	2,5E-06 ± 5E-07	2,1E-06 ± 5E-07	2,8E-06 ± 7E-07	2,2E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	8,6E-03 ± 6E-04	7,0E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 6E-05	4,8E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,4E-07 ± 1E-07	9,9E-09 ± 1E-07 ‡	1,3E-08 ± 1E-07 ‡	1,4E-06 ± 2E-07	1,5E-06 ± 2E-07	4,1E-06 ± 4E-07	1,2E-06 ± 7E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							



## A.3 Padavine



Tabela A.4 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana

Oznaka vzorca	FALI0118	FALI0218	FALI0318	FALI0418	FALI0518	FALI0618	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum mer.	9.02.2018	13.04.2018	12.04.2018	9.05.2018	11.06.2018	3.07.2018	
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	0,229	0,233	0,237	0,234	0,235	0,230	Polletna
Kol. vzorca (kg)	10,0	12,5	17,7	13,5	14,4	10,6	vsota
Višina padavin #	72,9 mm	132,2 mm	122,3 mm	102,2 mm	131,2 mm	83,5 mm	644,3 mm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>2</sup> )							
U (Th-234)	6,1E-1 ± 3,4E-1		5,7E-1 ± 3,3E-1			4,7E-1 ± 3,0E-1	1,7E+0 ± 5,6E-1
Ra-226	6,1E-1 ± 4,4E-2	1,8E-1 ± 4,0E-2		1,3E-1 ± 3,6E-2	1,1E-1 ± 9,6E-2	1,1E-1 ± 3,8E-2	1,1E+0 ± 1,2E-1
Pb-210	2,7E+1 ± 1,2E+0	1,3E+1 ± 1,0E+0	6,5E+0 ± 6,1E-1	2,7E+1 ± 2,2E+0	1,3E+1 ± 1,1E+0	1,4E+1 ± 1,1E+0	1,0E+2 ± 3,2E+0
Th (Ra-228)	5,8E-1 ± 9,8E-2	1,3E-1 ± 8,3E-2		2,4E-1 ± 5,4E-2	1,2E-1 ± 8,6E-2	3,0E-1 ± 9,0E-2	1,4E+0 ± 1,9E-1
Th-228	4,3E-1 ± 1,1E-1	2,2E-1 ± 8,0E-2	1,7E-1 ± 1,1E-1	2,1E-1 ± 7,5E-2	7,1E-3 ± 8,7E-2	1,7E-1 ± 9,2E-2	1,2E+0 ± 2,2E-1
K-40	5,7E+0 ± 6,4E-1	2,6E+0 ± 5,4E-1		2,4E+0 ± 5,0E-1	1,4E+0 ± 4,7E-1	1,5E+0 ± 4,9E-1	1,4E+1 ± 1,2E+0
Be-7	7,9E+1 ± 2,3E+0	1,8E+1 ± 6,6E-1	2,0E+1 ± 8,8E-1	1,9E+2 ± 5,3E+0	9,6E+1 ± 2,9E+0	8,2E+1 ± 2,5E+0	4,8E+2 ± 7,0E+0
Cs-134							
Cs-137	7,5E-1 ± 3,7E-2	1,5E-1 ± 2,0E-2	< 2,5E-1	< 1,6E-1	3,3E-2 ± 2,9E-2	< 1,8E-1	1,2E+0 ± 8,7E-2
I-131							
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> ) #							
U (Th-234)	8,4E+0 ± 4,6E+0		4,7E+0 ± 2,7E+0			5,6E+0 ± 3,6E+0	3,1E+0 ± 4,1E+0
Ra-226	8,4E+0 ± 6,0E-1	1,4E+0 ± 3,0E-1		1,2E+0 ± 3,5E-1	8,2E-1 ± 7,3E-1	1,3E+0 ± 4,5E-1	2,2E+0 ± 3,1E+0
Pb-210	3,7E+2 ± 1,7E+1	9,5E+1 ± 7,6E+0	5,3E+1 ± 5,0E+0	2,6E+2 ± 2,1E+1	1,0E+2 ± 8,2E+0	1,7E+2 ± 1,4E+1	1,7E+2 ± 1,2E+2
Th (Ra-228)	7,9E+0 ± 1,3E+0	9,7E-1 ± 6,2E-1		2,4E+0 ± 5,3E-1	9,4E-1 ± 6,5E-1	3,6E+0 ± 1,1E+0	2,6E+0 ± 3,0E+0
Th-228	5,9E+0 ± 1,4E+0	1,6E+0 ± 6,1E-1	1,4E+0 ± 8,7E-1	2,1E+0 ± 7,3E-1	5,4E-2 ± 6,6E-1	2,0E+0 ± 1,1E+0	2,2E+0 ± 2,1E+0
K-40	7,9E+1 ± 8,8E+0	2,0E+1 ± 4,1E+0		2,3E+1 ± 4,9E+0	1,0E+1 ± 3,6E+0	1,8E+1 ± 5,9E+0	2,5E+1 ± 2,8E+1
Be-7	1,1E+3 ± 3,2E+1	1,4E+2 ± 5,0E+0	1,7E+2 ± 7,2E+0	1,8E+3 ± 5,2E+1	7,3E+2 ± 2,2E+1	9,9E+2 ± 3,0E+1	8,2E+2 ± 6,3E+2
Cs-134							
Cs-137	1,0E+1 ± 5,1E-1	1,1E+0 ± 1,5E-1	< 2,0E+0	< 1,6E+0	2,5E-1 ± 2,2E-1	< 2,1E+0	2,4E+0 ± 3,9E+0
I-131							
Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost							
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
Oznaka vzorca	FALI0718	FALI0818	FALI0918	FALI1018	FALI1118	FALI1218	
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	23.08.2018	7.09.2018	30.09.2018	22.11.2018	5.12.2018	8.01.2019	
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	0,240	0,240	0,239	0,234	0,232	0,250	Letna
Kol. vzorca (kg)	22,0	23,0	19,9	14,9	11,7	0,0	vsota
Višina padavin #	137,6 mm	223,0 mm	125,5 mm	125,3 mm	108,6 mm	12,3 mm	1376,6 mm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>2</sup> )							
U (Th-234)		3,5E-1 ± 2,2E-1					2,0E+0 ± 6,0E-1
Ra-226	1,6E-1 ± 4,0E-2	3,3E-2 ± 1,9E-2	4,3E-1 ± 2,1E-1	2,4E-2 ± 4,2E-2	2,6E-1 ± 5,4E-2		2,0E+0 ± 2,6E-1
Pb-210	1,4E+1 ± 1,2E+0	1,4E+1 ± 1,1E+0	1,7E+2 ± 1,4E+1	1,3E+1 ± 1,1E+0	6,2E+0 ± 5,7E-1	2,9E+0 ± 3,9E-1	3,2E+2 ± 1,4E+1
Th (Ra-228)	9,7E-2 ± 9,2E-2	7,2E-2 ± 4,0E-2		3,2E-1 ± 1,0E-1	2,3E-1 ± 9,4E-2	2,5E-1 ± 1,1E-1	2,3E+0 ± 2,8E-1
Th-228						1,8E-1 ± 1,1E-1	1,4E+0 ± 2,5E-1
K-40	7,8E-1 ± 5,1E-1	3,9E-1 ± 1,8E-1	5,0E+0 ± 2,6E+0	1,0E+0 ± 5,4E-1	5,8E-1 ± 4,7E-1		2,1E+1 ± 3,0E+0
Be-7	1,5E+2 ± 4,3E+0	7,9E+1 ± 2,3E+0	6,0E+2 ± 2,0E+1	5,6E+1 ± 1,9E+0	2,5E+1 ± 8,9E-1	3,2E+0 ± 3,4E-1	1,4E+3 ± 2,2E+1
Cs-134							
Cs-137	5,6E-2 ± 1,8E-2	< 7,7E-2	< 9,0E-1	< 2,2E-1	< 1,9E-1	< 2,4E-1	2,1E+0 ± 2,2E-1
I-131							
Ru-106							
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> ) #							
U (Th-234)		1,6E+0 ± 9,7E-1					1,7E+0 ± 3,1E+0
Ra-226	1,2E+0 ± 2,9E-1	1,5E-1 ± 8,6E-2	3,4E+0 ± 1,7E+0	1,9E-1 ± 3,3E-1	2,4E+0 ± 5,0E-1		1,7E+0 ± 2,4E+0
Pb-210	1,0E+2 ± 8,5E+0	6,4E+1 ± 5,1E+0	1,3E+3 ± 1,1E+2	1,0E+2 ± 8,8E+0	5,7E+1 ± 5,2E+0	2,3E+2 ± 3,2E+1	2,5E+2 ± 3,6E+2
Th (Ra-228)	7,1E-1 ± 6,7E-1	3,2E-1 ± 1,8E-1		2,6E+0 ± 8,1E-1	2,1E+0 ± 8,7E-1	2,1E+1 ± 9,1E+0	3,5E+0 ± 6,0E+0
Th-228						1,5E+1 ± 8,7E+0	2,3E+0 ± 4,4E+0
K-40	5,7E+0 ± 3,7E+0	1,8E+0 ± 7,9E-1	4,0E+1 ± 2,1E+1	8,3E+0 ± 4,3E+0	5,3E+0 ± 4,4E+0		1,8E+1 ± 2,3E+1
Be-7	1,1E+3 ± 3,1E+1	3,5E+2 ± 1,0E+1	4,8E+3 ± 1,6E+2	4,5E+2 ± 1,5E+1	2,3E+2 ± 8,2E+0	2,6E+2 ± 2,8E+1	1,0E+3 ± 1,3E+3
Cs-134							
Cs-137	4,1E-1 ± 1,3E-1	< 3,5E-1	< 7,2E+0	< 1,8E+0	< 1,7E+0	< 2,0E+1	2,5E+0 ± 3,7E+0
I-131							
Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost							
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.							
samo suhi ostanek useda							

Tabela A.5 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana

Oznaka vzorca	FALJK118	FALJK218	FALJK318	FALJK418	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	11.05.2018	29.08.2018	14.11.2018	25.01.2019	
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	0,234	0,233	0,240	0,234	
Kol. vzorca (kg)	40,2	38,5	18,9	20,6	
<b>Višina padavin #</b>	<b>327,4 mm</b>	<b>316,9 mm</b>	<b>486,1 mm</b>	<b>246,2 mm</b>	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )					
Sr-90	< 3,8E-2	< 4,3E-2	< 5,2E-2	< 6,0E-2	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> ) #					
Sr-90	< 1,2E-1	< 1,4E-1	< 1,1E-1	< 2,4E-1	Letno povpr.

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost  
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Oznaka vzorca ZV	FALJ0118	FALJ0218	FALJ0318	FALJ0418	FALJ0518	FALJ0618	
<b>Oznaka vzorca IJS</b>							
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum mer.	19.03.2018	25.03.2018	20.04.2018	3.06.2018	19.06.2018	24.07.2018	
Kol. vzorca (kg)	1,0	1,0	-	1,0	1,0	1,0	Polletno
<b>Višina padavin #</b>	<b>72,9 mm</b>	<b>132,2 mm</b>	<b>122,3 mm</b>	<b>102,2 mm</b>	<b>131,2 mm</b>	<b>83,5 mm</b>	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )							
H-3	3,8E+2 ± 8,0E+1	1,2E+3 ± 1,0E+2	5,9E+2 ± 8,0E+1	1,1E+3 ± 7,8E+1	1,4E+3 ± 1,2E+2	1,4E+3 ± 1,1E+2	1,0E+3 ± 4,4E+2
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja. Meritev H-3 izvaja pogodbeni izvajalec, ki te meritve izvaja po akreditirani metodi.							
<b>Oznaka vzorca ZV</b>							
<b>Oznaka vzorca IJS</b>							
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	8.09.2018	11.10.2018	19.10.2018	29.11.2019	30.12.2019	-	Letno
Kol. vzorca (kg)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	povprečje
<b>Višina padavin #</b>	<b>137,6 mm</b>	<b>223,0 mm</b>	<b>125,5 mm</b>	<b>125,3 mm</b>	<b>108,6 mm</b>	<b>12,3 mm</b>	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )							
H-3	1,5E+3 ± 1,2E+2	1,3E+3 ± 1,1E+2	8,2E+2 ± 9,1E+1	6,4E+2 ± 8,8E+1	6,6E+2 ± 9,1E+1	-	9,2E+2 ± 4,9E+2
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja. Rezultati, označeni s # in odebeljeni, niso akreditirani. Meritev H-3 izvaja pogodbeni izvajalec, ki te meritve izvaja po akreditirani metodi.							

Tabela A.6 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto

Oznaka vzorca	FANMK118	FANMK218	FANMK318	FANMK418	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	13.04.2018	23.07.2018	30.09.2018	8.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	11.05.2018	29.08.2018	14.11.2018	25.01.2019	
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	59,2	29,8	128,1	39,8	Letna vsota
<b>Višina padavin #</b>	<b>281,9 mm</b>	<b>130,4 mm</b>	<b>474,6 mm</b>	<b>146,6 mm</b>	<b>1033,5 mm</b>
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )					
U (Th-234)		8,6E-1 ± 8,7E-2	7,1E-1 ± 3,6E-1	1,6E+0 ± 3,7E-1	
Ra-226	7,2E-2 ± 4,2E-2	3,0E-1 ± 1,9E-2	1,5E-1 ± 4,7E-2	1,1E-1 ± 4,1E-2	6,3E-1 ± 7,8E-2
Pb-210	1,9E+1 ± 1,5E+0	2,1E+1 ± 1,6E+0	3,7E+1 ± 1,7E+0	4,1E+0 ± 5,0E-1	8,1E+1 ± 2,8E+0
Th (Ra-228)			3,5E-1 ± 1,0E-1		3,5E-1 ± 1,0E-1
Th-228	1,1E-1 ± 6,6E-2				1,1E-1 ± 6,6E-2
K-40		3,0E+0 ± 3,3E-1	3,1E+0 ± 6,2E-1	7,6E-1 ± 5,4E-1	6,8E+0 ± 8,9E-1
Be-7	7,4E+1 ± 2,3E+0	1,5E+2 ± 4,4E+0	3,0E+2 ± 8,6E+0	1,7E+1 ± 7,8E-1	5,5E+2 ± 1,0E+1
Cs-134					
Cs-137	< 1,5E-1	5,6E-2 ± 1,1E-2	< 2,1E-1	< 1,9E-1	3,3E-1 ± 6,5E-2
I-131					
Ru-106					
Sr-90	1,5E-1 ± 4,7E-1	< 1,0E-1	< 4,1E-2	< 4,9E-2	2,4E-1 ± 4,7E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> ) #					
U (Th-234)		6,6E+0 ± 6,7E-1	1,5E+0 ± 7,5E-1		2,0E+0 ± 3,2E+0
Ra-226	2,6E-1 ± 1,5E-1	2,3E+0 ± 1,5E-1	3,2E-1 ± 9,8E-2	7,3E-1 ± 2,8E-1	9,0E-1 ± 9,6E-1
Pb-210	6,8E+1 ± 5,3E+0	1,6E+2 ± 1,2E+1	7,8E+1 ± 3,6E+0	2,8E+1 ± 3,4E+0	8,3E+1 ± 5,5E+1
Th (Ra-228)			7,3E-1 ± 2,1E-1		1,8E-1 ± 3,7E-1
Th-228	4,0E-1 ± 2,3E-1				1,0E-1 ± 2,1E-1
K-40		2,3E+1 ± 2,5E+0	6,6E+0 ± 1,3E+0	5,2E+0 ± 3,7E+0	8,6E+0 ± 1,0E+1
Be-7	2,6E+2 ± 8,1E+0	1,2E+3 ± 3,3E+1	6,4E+2 ± 1,8E+1	1,2E+2 ± 5,3E+0	5,4E+2 ± 4,6E+2
Cs-134					
Cs-137	< 5,3E-1	4,3E-1 ± 8,4E-2	< 2,1E-1	< 1,3E+0	3,6E-1 ± 2,6E-1
I-131					
Ru-106					
Sr-90	5,1E-1 ± 1,7E+0	< 7,6E-1	< 8,5E-2	< 3,3E-1	2,8E-1 ± 5,2E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost  
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Tabela A.7 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota

Oznaka vzorca	FAMSK118	FAMSK218	FAMSK318	FAMSK418	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	13.04.2018	12.07.2018	30.09.2018	4.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	11.05.2018	29.08.2018	14.11.2018	25.01.2019	
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	27,5	54,9	27,8	21,3	Letna vsota
<b>Višina padavin #</b>	<b>183,5 mm</b>	<b>316,7 mm</b>	<b>204,2 mm</b>	<b>82,3 mm</b>	<b>786,7 mm</b>
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>2</sup> )					
U (Th-234)					
Ra-226	3,5E-1 ± 3,8E-2		2,1E-1 ± 2,8E-2	3,2E-1 ± 9,6E-2	8,8E-1 ± 1,1E-1
Pb-210	2,8E+1 ± 1,3E+0	2,2E+1 ± 1,8E+0	7,1E+0 ± 6,1E-1	2,1E+0 ± 3,0E-1	6,0E+1 ± 2,3E+0
Th (Ra-228)	3,0E-1 ± 7,6E-2	2,6E-1 ± 9,9E-2			5,6E-1 ± 1,2E-1
Th-228	2,5E-1 ± 7,3E-2	9,9E-2 ± 9,1E-2			3,5E-1 ± 1,2E-1
K-40	3,4E+0 ± 5,2E-1	6,2E+0 ± 7,6E-1	2,4E+0 ± 3,9E-1	2,9E+0 ± 5,3E-1	1,5E+1 ± 1,1E+0
Be-7	8,2E+1 ± 2,4E+0	1,1E+2 ± 3,5E+0	8,2E+1 ± 2,4E+0	1,9E+1 ± 6,7E-1	2,9E+2 ± 4,9E+0
Cs-134					
Cs-137	< 1,3E-1	1,1E-1 ± 2,9E-2	< 1,1E-1	< 1,7E-1	3,1E-1 ± 5,6E-2
I-131					
Ru-106					
Sr-90	< 4,4E-2	< 3,6E-2	< 4,9E-2	< 6,5E-2	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> ) #					
					<b>Letno povpr.</b>
U (Th-234)					
Ra-226	1,9E+0 ± 2,1E-1		6,6E-1 ± 8,7E-2	3,9E+0 ± 1,2E+0	1,6E+0 ± 1,7E+0
Pb-210	1,5E+2 ± 7,1E+0	7,1E+1 ± 5,7E+0	2,3E+1 ± 1,9E+0	2,5E+1 ± 3,7E+0	6,8E+1 ± 6,2E+1
Th (Ra-228)	1,6E+0 ± 4,1E-1	8,3E-1 ± 3,1E-1			6,1E-1 ± 8,0E-1
Th-228	1,4E+0 ± 4,0E-1	3,1E-1 ± 2,9E-1			4,2E-1 ± 6,8E-1
K-40	1,9E+1 ± 2,8E+0	1,9E+1 ± 2,4E+0	7,5E+0 ± 1,2E+0	3,5E+1 ± 6,4E+0	2,0E+1 ± 1,2E+1
Be-7	4,5E+2 ± 1,3E+1	3,5E+2 ± 1,1E+1	2,6E+2 ± 7,5E+0	2,3E+2 ± 8,2E+0	3,2E+2 ± 9,8E+1
Cs-134					
Cs-137	< 7,1E-1	3,4E-1 ± 9,1E-2	< 3,5E-1	< 2,0E+0	4,7E-1 ± 4,1E-1
I-131					
Ru-106					
Sr-90	< 2,4E-1	< 1,1E-1	< 1,5E-1	< 2,1E-1	

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost  
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

Tabela A.8 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec

Oznaka vzorca	FABOK118	FABOK218	FABOK318	FABOK418	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	18.04.2018	12.07.2018	30.09.2018	4.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	11.05.2018	29.08.2018	14.11.2018	25.01.2019	
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	0,07	0,07	0,07	0,07	
Kol. vzorca (kg)	51,5	38,1	37,5	80,6	Letna vsota
<b>Višina padavin #</b>	<b>530,7 mm</b>	<b>405,3 mm</b>	<b>326,5 mm</b>	<b>837,1 mm</b>	<b>2099,6 mm</b>
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>2</sup> )					
U (Th-234)	2,8E+0 ± 2,3E+0				2,8E+0 ± 2,3E+0
Ra-226	3,7E-1 ± 2,7E-1		2,4E-1 ± 1,3E-1	3,0E-1 ± 1,2E-1	9,2E-1 ± 3,2E-1
Pb-210	1,4E+2 ± 1,1E+1	3,7E+1 ± 3,0E+0	4,0E+1 ± 3,3E+0	8,5E+1 ± 6,8E+0	3,1E+2 ± 1,4E+1
Th (Ra-228)	1,2E+0 ± 5,5E-1		4,0E-1 ± 2,8E-1	6,6E-1 ± 2,5E-1	2,3E+0 ± 6,7E-1
Th-228			9,7E-1 ± 3,1E-1	3,3E-1 ± 2,8E-1	1,3E+0 ± 4,2E-1
K-40	1,2E+1 ± 3,5E+0		5,0E+0 ± 1,6E+0	8,9E+0 ± 1,6E+0	2,6E+1 ± 4,2E+0
Be-7	4,7E+2 ± 1,5E+1	2,0E+2 ± 6,3E+0	1,4E+2 ± 4,8E+0	4,0E+2 ± 1,2E+1	1,2E+3 ± 2,0E+1
Cs-134					
Cs-137		< 3,6E-1	< 4,1E-1	2,2E-1 ± 5,9E-2	6,0E-1 ± 1,3E-1
I-131					
Ru-106					
Sr-90	< 1,6E-1	< 2,6E-1	4,4E-1 ± 2,2E-1	< 2,1E-1	7,5E-1 ± 2,3E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> ) #					
					<b>Letno povpr.</b>
U (Th-234)	5,3E+0 ± 4,3E+0				1,3E+0 ± 2,9E+0
Ra-226	7,0E-1 ± 5,1E-1		7,4E-1 ± 4,0E-1	3,6E-1 ± 1,4E-1	4,5E-1 ± 4,3E-1
Pb-210	2,7E+2 ± 2,1E+1	9,2E+1 ± 7,4E+0	1,2E+2 ± 1,0E+1	1,0E+2 ± 8,2E+0	1,5E+2 ± 8,3E+1
Th (Ra-228)	2,3E+0 ± 1,0E+0		1,2E+0 ± 8,7E-1	7,9E-1 ± 3,0E-1	1,1E+0 ± 1,1E+0
Th-228			3,0E+0 ± 9,6E-1	3,9E-1 ± 3,3E-1	8,4E-1 ± 1,5E+0
K-40	2,3E+1 ± 6,6E+0		1,5E+1 ± 4,9E+0	1,1E+1 ± 1,9E+0	1,2E+1 ± 1,0E+1
Be-7	8,8E+2 ± 2,7E+1	4,9E+2 ± 1,5E+1	4,3E+2 ± 1,5E+1	4,8E+2 ± 1,4E+1	5,7E+2 ± 2,1E+2
Cs-134					
Cs-137		< 8,8E-1	< 1,3E+0	2,6E-1 ± 7,1E-2	3,3E-1 ± 3,0E-1
I-131					
Ru-106					
Sr-90	< 2,9E-1	< 4,9E-1	8,2E-1 ± 4,1E-1	< 3,9E-1	3,5E-1 ± 3,5E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost  
Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja.

## A.4 Tekoče vode

Tabela A.9 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze



Vzorč. mesto	Sava Laze		Polletno povprečje (za celo leto)
	21. 2. 2018	30. 8. 2018	
Datum vzor.	73	55,1	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)***	49,61	48,90	
Kol. vzorca (L)	RP18SN121	RP18SN181	
Koda vzorca			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	5,6E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,1E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 7E-01
Pb-210	1,4E+00 ± 5E+00 ‡	3,7E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 2E+00
Ra-228	7,1E-01 ± 4E-01	8,3E-01 ± 6E-01	7,7E-01 ± 4E-01
Th-228	1,1E+00 ± 2E-01	7,5E-01 ± 4E-01	9,1E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	2,6E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00
Be-7	4,7E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00	8,6E+00 ± 1E+00
I-131	2,0E+00 ± 2E-01	1,2E+01 ± 6E-01	7,1E+00 ± 3E-01
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,2E+00 ± 1E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E-01
H-3	5,2E+02 ± 6E+01	7,4E+02 ± 8E+01	6,3E+02 ± 5E+01

Tabela A.10 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja



Vzorč. mesto	Savinja pod Celjem		Polletno povprečje (za celo leto)
	22. 3. 2018	10. 10. 2018	
Datum vzor.	22. 3. 2018	10. 10. 2018	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)****	42,8	7,46	
Kol. vzorca (L)	52,27	51,32	
Koda vzorca	RP18SN331	RP18SN3A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	2,5E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 6E-01
Ra-226	4,4E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 4E-01
Pb-210	7,0E+00 ± 9E-01	2,6E+00 ± 8E-01	4,8E+00 ± 6E-01
Ra-228	1,9E+00 ± 2E-01	8,3E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228	1,8E+00 ± 1E-01	3,9E-01 ± 8E-02	1,1E+00 ± 8E-02
Th-230			
K-40	1,7E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 2E+01
Be-7	3,9E+00 ± 7E-01	5,4E+00 ± 8E-01	4,6E+00 ± 5E-01
I-131	1,3E+00 ± 1E-01	2,3E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E-01
Cs-134			
Cs-137	4,5E-01 ± 9E-02	9,2E-02 ± 7E-02	2,7E-01 ± 6E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.11 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča



Vzorč. mesto	Soča Solkan		Polletno povprečje (za celo leto)
	7. 3. 2018	11. 9. 2018	
Datum vzor.	7. 3. 2018	11. 9. 2018	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)****	22,7	79	
Kol. vzorca (L)	53,41	53,37	
Koda vzorca	RP18SN531	RP18SN591	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	1,0E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,3E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Pb-210	3,8E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 4E-01 †	2,7E+00 ± 1E+00 ×
Ra-228	5,2E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 4E-01	6,1E-01 ± 2E-01
Th-228	4,0E-01 ± 6E-02	4,6E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 8E-02
Th-230	4,3E+00 ± 4E+00 ‡		2,2E+00 ± 2E+00
K-40	1,5E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00
Be-7	5,1E+00 ± 5E-01	6,5E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 6E-01
I-131	2,9E-01 ± 1E-01		1,5E-01 ± 5E-02
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.12 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka



Vzorč. mesto	Krka Otočec		Polletno povprečje (za celo leto)
	21. 2. 2018	12. 9. 2018	
Datum vzor.	21. 2. 2018	12. 9. 2018	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)****	48,4	25,2	
Kol. vzorca (L)	49,33	47,12	
Koda vzorca	RP18SN82221	RP18SN82291	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	1,5E+00 ± 7E-01	2,1E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 9E-01
Ra-226	2,6E+00 ± 5E-01		1,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	6,6E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 3E+00 ‡	3,9E+00 ± 1E+00
Ra-228	2,1E-01 ± 4E-01 ‡	4,1E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 2E-01
Th-228	1,3E+00 ± 1E-01	2,6E-01 ± 2E-01	7,8E-01 ± 1E-01
Th-230	8,7E+00 ± 5E+00		4,4E+00 ± 2E+00
K-40	2,6E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Be-7	5,7E+00 ± 7E-01	7,9E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 7E-01
I-131	1,9E-01 ± 1E-01		9,5E-02 ± 6E-02
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.13 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice



Vzorč. mesto	Sava Brežice		Polletno povprečje (za celo leto)
	11. 6. 2018	12. 9. 2018	
Datum vzor.	11. 6. 2018	12. 9. 2018	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)****	218	83,5	
Kol. vzorca (L)	46,62	48,52	
Koda vzorca	RP18SN82561	RP18SN82591	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	6,7E+00 ± 5E+00	4,8E+00 ± 3E+00	5,7E+00 ± 3E+00
Ra-226	1,1E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	1,1E+00 ± 2E+00 ‡	1,5E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01
Th-228	6,3E-02 ± 3E-01 ‡	4,5E-01 ± 3E-01	2,5E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	4,4E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 4E+00
Be-7	4,8E+00 ± 9E-01	5,0E+00 ± 8E-01	4,9E+00 ± 6E-01
I-131	6,8E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 4E-01	5,1E+00 ± 3E-01
Cs-134			
Cs-137		1,6E-01 ± 1E-01	8,1E-02 ± 6E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
H-3	8,4E+02 ± 9E+01	8,2E+02 ± 9E+01	8,3E+02 ± 6E+01

Tabela A.14 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa



Vzorč. mesto	Kolpa Vinica		Polletno povprečje (za celo leto)
	8. 3. 2018	12. 11. 2018	
Datum vzor.	8. 3. 2018	12. 11. 2018	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)****	174		
Kol. vzorca (L)	49,62	52,65	
Koda vzorca	RP18SN83431	RP18SN83481	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	3,0E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 3E+00 ‡	2,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,0E+00 ± 5E-01	4,6E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,4E+01 ± 5E+00	2,6E+00 ± 1E+00	8,2E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 3E-01
Th-228	7,3E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	1,4E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00
Be-7	1,7E+01 ± 2E+00		8,6E+00 ± 8E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	2,1E-02 ± 7E-02 ‡		1,1E-02 ± 3E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.15 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava



Vzorč. mesto	Drava pri meji - Dravograd		Polletno povprečje (za celo leto)
	22. 3. 2018	10. 10. 2018	
Datum vzor.	22. 3. 2018	10. 10. 2018	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)****	239	301	
Kol. vzorca (L)	51,67	52,20	
Koda vzorca	RP18SN2331	RP18SN23A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	6,5E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 3E+00 ‡	4,9E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,9E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,2E+00 ± 1E+01 ‡	4,5E-01 ± 9E+00 ‡	8,2E-01 ± 8E+00
Ra-228	2,1E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2E-01
Th-228	9,0E-01 ± 2E-01		4,5E-01 ± 8E-02
Th-230			
K-40	4,5E+01 ± 4E+00	5,4E+01 ± 6E+00	5,0E+01 ± 4E+00
Be-7	7,5E+00 ± 8E-01	3,1E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 7E-01
I-131	1,5E+00 ± 2E-01		7,7E-01 ± 9E-02
Cs-134			
Cs-137	2,1E-01 ± 7E-02	8,0E-02 ± 1E-01 ‡	1,5E-01 ± 6E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,6E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 9E-02
H-3	7,9E+02 ± 9E+01	7,6E+02 ± 8E+01	7,8E+02 ± 6E+01

Tabela A.16 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura



Vzorč. mesto	Mura pri meji - Petanjci		Polletno povprečje (za celo leto)
	22. 3. 2018	10. 10. 2018	
Datum vzor.	22. 3. 2018	10. 10. 2018	Polletno povprečje (za celo leto)
Pretok (m <sup>3</sup> /s)***	141		
Kol. vzorca (L)	49,83	52,12	
Koda vzorca	RP18SN931	RP18SN9A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	4,2E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,4E+00 ± 3E+00 ‡	7,1E-01 ± 6E-01 ‡	2,0E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,5E+00 ± 2E+00 ‡	6,3E-01 †	1,1E+00 ± 4E-01 x
Ra-228	1,9E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Th-228	1,3E+00 ± 2E-01	6,9E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	7,9E+01 ± 8E+00	8,9E+01 ± 9E+00	8,4E+01 ± 6E+00
Be-7	6,0E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 4E+00	6,1E+00 ± 2E+00
I-131		9,6E-01 ± 4E-01	4,8E-01 ± 2E-01
Cs-134			
Cs-137	3,9E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 9E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,9E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01	2,1E+00 ± 1E-01
H-3	8,6E+02 ± 1E+02	9,0E+02 ± 1E+02	8,8E+02 ± 8E+01



## A.5 Zemlja



Tabela A.17 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana

Vzorč. mesto	Ljubljana					
Datum vzor.	6. 6. 2018					
Gl. vzor. (cm)	trava	0-10	10-20	20-30	0-30	0-30 + trava
Kol. vzor. (kg/m <sup>2</sup> )	0,2	68,1	75,0	88,6	231,6	231,8
Oznaka vzorca	RP18ZN1T61	RP18ZN1A61	RP18ZN1B61	RP18ZN1C61		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )					
U-238	4,1E-01 ± 2E-01	3,5E+03 ± 3E+02	3,1E+03 ± 4E+02	4,3E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Ra-226	5,5E-01 ± 3E-01	4,8E+03 ± 4E+02	5,2E+03 ± 5E+02	6,0E+03 ± 6E+02	1,6E+04 ± 9E+02	1,6E+04 ± 9E+02
Pb-210	5,1E+00 ± 4E-01	6,0E+03 ± 4E+02	1,1E+03 †	5,2E+03 ± 7E+02	1,2E+04 ± 8E+02 x	1,2E+04 ± 8E+02 x
Ra-228	1,4E-01 ± 1E-01	4,1E+03 ± 1E+02	4,7E+03 ± 1E+02	5,3E+03 ± 2E+02	1,4E+04 ± 3E+02	1,4E+04 ± 3E+02
Th-228	1,7E-01 ± 3E-02	4,1E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 1E+02	5,6E+03 ± 3E+02	1,4E+04 ± 4E+02	1,4E+04 ± 4E+02
Th-230		2,5E+03 ± 2E+03 ‡		9,1E+03 ± 2E+03	1,2E+04 ± 3E+03	1,2E+04 ± 3E+03
K-40	7,5E+01 ± 8E+00	5,3E+04 ± 5E+03	5,7E+04 ± 5E+03	7,2E+04 ± 8E+03	1,8E+05 ± 1E+04	1,8E+05 ± 1E+04
Be-7	3,9E+01 ± 3E+00	6,0E+02 ± 9E+01			6,0E+02 ± 9E+01	6,4E+02 ± 9E+01
I-131						
Cs-134						
Cs-137	2,0E-01 ± 5E-02	3,7E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 9E+01	9,4E+03 ± 2E+02	9,4E+03 ± 2E+02
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90		8,4E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 8E+00	1,5E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Ljubljana					
Datum vzor.	6. 9. 2018					
Gl. vzor. (cm)	trava	0-10	10-20	20-30	0-30	0-30 + trava
Kol. vzor. (kg/m <sup>2</sup> )	0,0	64,9	74,1	79,0	218,0	218,0
Oznaka vzorca	RP18ZN1T91	RP18ZN1A91	RP18ZN1B91	RP18ZN1C91		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )					
U-238	2,2E-02 ± 1E-02	4,0E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 4E+02	4,2E+03 ± 4E+02	1,2E+04 ± 7E+02	1,2E+04 ± 7E+02
Ra-226	3,5E-02 ± 2E-02	4,4E+03 ± 4E+02	2,0E+03 ± 8E+02	5,9E+03 ± 6E+02	1,2E+04 ± 1E+03	1,2E+04 ± 1E+03
Pb-210	3,4E-01 ± 2E-02	5,8E+03 ± 3E+02	5,1E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 3E+02	1,6E+04 ± 6E+02	1,6E+04 ± 6E+02
Ra-228	7,0E-03 ± 3E-03	3,8E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	4,8E+03 ± 1E+02	1,3E+04 ± 2E+02	1,3E+04 ± 2E+02
Th-228	5,1E-03 ± 1E-03	3,8E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 2E+02	1,3E+04 ± 2E+02	1,3E+04 ± 2E+02
Th-230		4,6E+03 ± 2E+03	5,4E+03 ± 3E+03	4,0E+03 ± 2E+03	1,4E+04 ± 4E+03	1,4E+04 ± 4E+03
K-40	1,9E+00 ± 2E-01	5,1E+04 ± 5E+03	5,6E+04 ± 5E+03	6,0E+04 ± 6E+03	1,7E+05 ± 1E+04	1,7E+05 ± 1E+04
Be-7	3,0E+00 ± 1E-01	9,3E+02 ± 1E+02			9,3E+02 ± 1E+02	9,3E+02 ± 1E+02
I-131						
Cs-134						
Cs-137	6,1E-03 ± 9E-04	3,4E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 1E+02	9,8E+03 ± 3E+02	9,8E+03 ± 3E+02
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90		7,9E+01 ± 8E+00	1,1E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01



Tabela A.18 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana

Vzorč. mesto	Ljubljana					
Datum vzor.	6. 6. 2018					
Gl. vzor. (cm)	trava	0-10	10-20	20-30	0-30	0-30 + trava
Kol. vzor. (kg/m <sup>2</sup> )	0,2	68,1	75,0	88,6	231,6	231,8
Oznaka vzorca	RP18ZN1T61	RP18ZN1A61	RP18ZN1B61	RP18ZN1C61		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOSTI (Bq/kg)					
U-238	2,3E+00 ± 1E+00	5,1E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 6E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,0E+00 ± 2E+00	7,1E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 7E+00	6,8E+01 ± 7E+00	6,9E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 4E+00
Pb-210	2,8E+01 ± 2E+00	8,8E+01 ± 6E+00	1,5E+01	5,8E+01 ± 8E+00	5,3E+01 ± 4E+00 x	5,3E+01 ± 4E+00 x
Ra-228	7,9E-01 ± 6E-01	6,0E+01 ± 2E+00	6,2E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 1E+00	6,1E+01 ± 1E+00
Th-228	9,4E-01 ± 2E-01	6,1E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 1E+00	6,3E+01 ± 4E+00	6,2E+01 ± 2E+00	6,2E+01 ± 2E+00
Th-230		3,6E+01 ± 3E+01 †		1,0E+02 ± 2E+01	5,0E+01 ± 1E+01	5,0E+01 ± 1E+01
K-40	4,1E+02 ± 4E+01	7,8E+02 ± 7E+01	7,6E+02 ± 7E+01	8,1E+02 ± 9E+01	7,8E+02 ± 5E+01	7,8E+02 ± 5E+01
Be-7	2,1E+02 ± 1E+01	8,9E+00 ± 1E+00			2,6E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 4E-01
I-131						
Cs-134						
Cs-137	1,1E+00 ± 3E-01	5,5E+01 ± 2E+00	5,3E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 9E-01	4,0E+01 ± 9E-01
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90		1,2E+00 ± 9E-02	1,5E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,5E+00 ± 7E-02	1,5E+00 ± 7E-02

Vzorč. mesto	Ljubljana					
Datum vzor.	6. 9. 2018					
Gl. vzor. (cm)	trava	0-10	10-20	20-30	0-30	0-30 + trava
Kol. vzor. (kg/m <sup>2</sup> )	0,0	64,9	74,1	79,0	218,0	218,0
Oznaka vzorca	RP18ZN1T91	RP18ZN1A91	RP18ZN1B91	RP18ZN1C91		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOSTI (Bq/kg)					
U-238	6,0E+00 ± 3E+00	6,2E+01 ± 6E+00	5,4E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 3E+00	5,6E+01 ± 3E+00
Ra-226	9,8E+00 ± 5E+00	6,9E+01 ± 7E+00	2,6E+01 ± 1E+01	7,5E+01 ± 7E+00	5,7E+01 ± 5E+00	5,7E+01 ± 5E+00
Pb-210	9,5E+01 ± 7E+00	8,9E+01 ± 5E+00	6,9E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 4E+00	7,1E+01 ± 3E+00	7,1E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,0E+00 ± 9E-01	5,9E+01 ± 2E+00	5,9E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 2E+00	5,9E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 1E+00
Th-228	1,4E+00 ± 4E-01	5,9E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 1E+00	6,1E+01 ± 1E+00
Th-230		7,1E+01 ± 3E+01	7,2E+01 ± 3E+01	5,1E+01 ± 2E+01	6,4E+01 ± 2E+01	6,4E+01 ± 2E+01
K-40	5,4E+02 ± 5E+01	7,8E+02 ± 8E+01	7,6E+02 ± 7E+01	7,6E+02 ± 7E+01	7,7E+02 ± 4E+01	7,7E+02 ± 4E+01
Be-7	8,3E+02 ± 3E+01	1,4E+01 ± 2E+00			4,2E+00 ± 6E-01	4,3E+00 ± 6E-01
I-131						
Cs-134						
Cs-137	1,7E+00 ± 3E-01	5,2E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90		1,2E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 1E-01	1,5E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 7E-02	1,4E+00 ± 7E-02

Tabela A.19 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid

Oznaka vzorca	ZKO100518	ZKO200518	ZKO300518	ZKO100918	ZKO200918	ZKO300918
Datum vzorčenja	12.05.18	12.05.18	12.05.18	29.09.18	29.09.18	29.09.18
Datum meritve	23.05.18	22.05.18	22.05.18	09.10.18	09.10.18	09.10.18
Datum mer. Sr-90	20.06.18	20.06.18	20.06.18	19.11.18	19.11.18	19.11.18
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02
Kol. vzorca (kg)	7,10E-01	5,25E-01	6,63E-01	6,31E-01	5,65E-01	6,29E-01
Globina vzorčenja	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U (Th-234)	5,4E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 2E+0	4,4E+1 ± 3E+0	3,7E+1 ± 8E+0	4,0E+1 ± 8E+0	3,8E+1 ± 7E+0
Ra-226*	2,9E+1 ± 7E-1	3,2E+1 ± 6E-1	3,1E+1 ± 7E-1	3,0E+1 ± 8E-1	3,2E+1 ± 7E-1	2,9E+1 ± 6E-1
Pb-210	1,3E+2 ± 1E+1	7,6E+1 ± 6E+0	4,0E+1 ± 5E+0	1,5E+2 ± 1E+1	7,7E+1 ± 7E+0	5,3E+1 ± 5E+0
Th (Ra-228)	3,7E+1 ± 1E+0	3,9E+1 ± 1E+0	3,6E+1 ± 1E+0	3,9E+1 ± 2E+0	4,1E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0
Th-228	3,6E+1 ± 2E+0	3,5E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 2E+0	3,8E+1 ± 2E+0	3,8E+1 ± 2E+0	3,6E+1 ± 1E+0
K-40	3,9E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	4,4E+2 ± 3E+1	4,0E+2 ± 2E+1	4,3E+2 ± 2E+1	4,3E+2 ± 2E+1
Be-7	1,3E+0 ± 2E+0			2,0E+1 ± 3E+0		
Cs-134						
Cs-137	1,2E+2 ± 3E+0	7,1E+1 ± 2E+0	1,6E+1 ± 7E-1	1,6E+2 ± 4E+0	1,1E+2 ± 3E+0	2,9E+1 ± 8E-1
Sr-90	5,0E+0 ± 5E-1	2,5E+0 ± 3E-1	1,8E+0 ± 3E-1	4,2E+0 ± 8E-1	2,8E+0 ± 5E-1	2,2E+0 ± 4E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>2</sup> )						
U (Th-234)	2,4E+3 ± 1E+2	1,7E+3 ± 6E+1	1,9E+3 ± 1E+2	1,7E+3 ± 3E+2	1,3E+3 ± 3E+2	1,6E+3 ± 3E+2
Ra-226*	1,3E+3 ± 3E+1	1,1E+3 ± 2E+1	1,3E+3 ± 3E+1	1,4E+3 ± 4E+1	1,1E+3 ± 2E+1	1,2E+3 ± 3E+1
Pb-210	6,0E+3 ± 5E+2	2,5E+3 ± 2E+2	1,7E+3 ± 2E+2	6,9E+3 ± 6E+2	2,6E+3 ± 3E+2	2,2E+3 ± 2E+2
Th (Ra-228)	1,7E+3 ± 6E+1	1,3E+3 ± 4E+1	1,5E+3 ± 6E+1	1,7E+3 ± 7E+1	1,4E+3 ± 4E+1	1,6E+3 ± 5E+1
Th-228	1,6E+3 ± 7E+1	1,2E+3 ± 4E+1	1,6E+3 ± 7E+1	1,7E+3 ± 8E+1	1,3E+3 ± 5E+1	1,5E+3 ± 6E+1
K-40	1,8E+4 ± 1E+3	1,4E+4 ± 8E+2	1,9E+4 ± 1E+3	1,8E+4 ± 1E+3	1,4E+4 ± 8E+2	1,8E+4 ± 1E+3
Be-7	5,9E+1 ± 1E+2			9,0E+2 ± 1E+2		
Cs-134						
Cs-137	5,5E+3 ± 1E+2	2,4E+3 ± 6E+1	6,9E+2 ± 3E+1	7,3E+3 ± 2E+2	3,7E+3 ± 9E+1	1,2E+3 ± 3E+1
Sr-90	2,2E+2 ± 2E+1	8,5E+1 ± 9E+0	7,7E+1 ± 1E+1	1,7E+2 ± 3E+1	1,0E+2 ± 2E+1	8,7E+1 ± 2E+1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.  
\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.20 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota

Oznaka vzorca	ZMS100418	ZMS200418	ZMS300418	ZMS100918	ZMS200918	ZMS300918
Datum vzorčenja	28.04.18	28.04.18	28.04.18	15.09.18	15.09.18	15.09.18
Datum meritve	09.05.18	09.05.18	11.05.18	02.10.18	02.10.18	02.10.18
Datum mer. Sr-90	18.06.18	18.06.18	20.06.18	19.11.18	19.11.18	19.11.18
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02	1,57E-02
Kol. vzorca (kg)	8,41E-01	1,09E+00	1,21E+00	8,94E-01	1,05E+00	1,12E+00
Globina vzorčenja	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U (Th-234)	3,6E+1 ± 8E+0	4,0E+1 ± 4E+0	5,7E+1 ± 1E+1	5,1E+1 ± 1E+1	5,3E+1 ± 3E+0	3,8E+1 ± 1E+1
Ra-226*	2,8E+1 ± 8E-1	2,9E+1 ± 9E-1	3,1E+1 ± 6E-1	2,9E+1 ± 1E+0	3,1E+1 ± 8E-1	3,0E+1 ± 1E+0
Pb-210	5,5E+1 ± 6E+0	3,5E+1 ± 6E+0	3,4E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 7E+0	5,3E+1 ± 6E+0	4,0E+1 ± 9E+0
Th (Ra-228)	4,0E+1 ± 2E+0	4,2E+1 ± 2E+0	4,2E+1 ± 1E+0	4,1E+1 ± 2E+0	4,4E+1 ± 2E+0	4,4E+1 ± 2E+0
Th-228	3,5E+1 ± 2E+0	3,8E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 2E+0	3,5E+1 ± 2E+0	3,8E+1 ± 3E+0
K-40	4,8E+2 ± 3E+1	4,8E+2 ± 3E+1	5,1E+2 ± 3E+1	4,7E+2 ± 3E+1	5,4E+2 ± 3E+1	5,3E+2 ± 3E+1
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	8,8E+0 ± 5E-1	1,1E+1 ± 7E-1	1,4E+1 ± 4E-1	1,7E+1 ± 1E+0	1,4E+1 ± 6E-1	7,6E+0 ± 7E-1
Sr-90	8,2E-1 ± 2E-1	< 2,5E-1	6,4E-1 ± 1E-1	5,1E-1 ± 2E-1	4,1E-1 ± 2E-1	5,3E-1 ± 2E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>2</sup> )						
U (Th-234)	1,9E+3 ± 4E+2	2,7E+3 ± 2E+2	4,4E+3 ± 8E+2	2,7E+3 ± 6E+2	3,7E+3 ± 2E+2	2,9E+3 ± 8E+2
Ra-226*	1,5E+3 ± 4E+1	2,0E+3 ± 6E+1	2,4E+3 ± 4E+1	1,6E+3 ± 6E+1	2,1E+3 ± 6E+1	2,4E+3 ± 9E+1
Pb-210	2,9E+3 ± 3E+2	2,4E+3 ± 4E+2	2,6E+3 ± 3E+2	2,6E+3 ± 4E+2	3,7E+3 ± 4E+2	3,1E+3 ± 7E+2
Th (Ra-228)	2,1E+3 ± 8E+1	2,9E+3 ± 1E+2	3,3E+3 ± 8E+1	2,2E+3 ± 1E+2	3,1E+3 ± 1E+2	3,4E+3 ± 2E+2
Th-228	1,9E+3 ± 9E+1	2,7E+3 ± 1E+2	3,1E+3 ± 1E+2	1,9E+3 ± 1E+2	2,4E+3 ± 1E+2	3,0E+3 ± 2E+2
K-40	2,6E+4 ± 1E+3	3,4E+4 ± 2E+3	3,9E+4 ± 2E+3	2,5E+4 ± 2E+3	3,7E+4 ± 2E+3	4,1E+4 ± 3E+3
Be-7						
Cs-134						
Cs-137	4,7E+2 ± 3E+1	7,6E+2 ± 5E+1	1,1E+3 ± 3E+1	9,1E+2 ± 6E+1	9,7E+2 ± 4E+1	5,9E+2 ± 5E+1
Sr-90	4,4E+1 ± 1E+1	< 1,8E+1	5,0E+1 ± 1E+1	2,9E+1 ± 1E+1	2,7E+1 ± 1E+1	3,8E+1 ± 2E+1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.  
\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

## A.6 Morje - voda in sedimenti

Tabela A.21 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih morja - vode in sedimentov



Vzorč. mesto	Piranski zaliv	Vzorč. mesto	Piranski zaliv
Datum vzor.	22. 8. 2018	Datum vzor.	22. 8. 2018
Kol. vzorca (L)	54,00	Kol. vzorca (kg)	0,53
Koda vzorca	RP18VM63381	Koda vzorca	RP18SD63381
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )	IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)
U-238		U-238	8,9E+00 ± 1E+00
Ra-226		Ra-226	1,4E+01 ± 1E+00
Pb-210		Pb-210	1,2E+01 ± 2E+00
Ra-228		Ra-228	4,8E+00 ± 2E-01
Th-228		Th-228	4,9E+00 ± 2E-01
Th-230		Th-230	
K-40		K-40	7,3E+01 ± 7E+00
Be-7		Be-7	7,4E+00 ± 5E-01
I-131		I-131	
Cs-134		Cs-134	
Cs-137	1,3E+00 ± 3E-01	Cs-137	1,3E-01 ± 3E-02
Co-58		Co-58	
Co-60		Co-60	
Cr-51		Cr-51	
Mn-54		Mn-54	
Zn-65		Zn-65	
Nb-95		Nb-95	
Ru-106		Ru-106	
Sb-125		Sb-125	

## A.7 Zunanje sevanje



Tabela A.22 | Izmerjene vrednosti zunanjega sevanja s TL dozimetri

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza $H^*(10)$ (mSv) v obdobju				Letna doza $H^*(10)$ (mSv)	Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v obdobju				Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec)
		od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019			v 2018	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019			v 2018
1	KOČEVJE	0,440 ± 0,068	0,456 ± 0,070	0,896 ± 0,098	0,074 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,016	
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,456 ± 0,070	0,478 ± 0,074	0,934 ± 0,102	0,077 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,078 ± 0,017	
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,581 ± 0,089	0,565 ± 0,087	1,146 ± 0,125	0,098 ± 0,015	0,093 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,096 ± 0,021	
4	DRAŠIČI METLIKA	0,416 ± 0,064	0,438 ± 0,067	0,854 ± 0,093	0,070 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,016	
5	NOVO MESTO	0,597 ± 0,092	0,354 ± 0,054	0,951 ± 0,107	0,100 ± 0,015	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,079 ± 0,018	
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,374 ± 0,058	0,389 ± 0,060	0,763 ± 0,083	0,063 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,014	
7	LISCA	0,358 ± 0,055 *	0,375 ± 0,058	0,733 ± 0,080	0,060 ± 0,009 *	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,010	0,061 ± 0,013	
8	CELJE	0,400 ± 0,062	0,432 ± 0,066	0,832 ± 0,091	0,067 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,069 ± 0,015	
9	ROGAŠKA SLATINA	0,395 ± 0,061	0,403 ± 0,062	0,798 ± 0,087	0,066 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014	
10	SLOVENSKE KONJICE	0,401 ± 0,062	0,419 ± 0,065	0,820 ± 0,089	0,067 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,068 ± 0,015	
11	ROGLA	0,440 ± 0,068	0,553 ± 0,085	0,993 ± 0,109	0,074 ± 0,011	0,091 ± 0,014	0,091 ± 0,014	0,091 ± 0,014	0,091 ± 0,014	0,083 ± 0,018	
12	MARIBOR	0,404 ± 0,062	0,422 ± 0,065	0,826 ± 0,090	0,068 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015	
13	PTUJ	0,435 ± 0,067	0,455 ± 0,070	0,891 ± 0,097	0,073 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,074 ± 0,016	
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,368 ± 0,057	0,425 ± 0,066	0,793 ± 0,087	0,062 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,066 ± 0,014	
15	LENDAVA	0,432 ± 0,066	0,464 ± 0,072	0,896 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016	
16	MURSKA SOBOTA	0,380 ± 0,058	0,398 ± 0,061	0,778 ± 0,085	0,064 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,065 ± 0,014	
17	VELIKI DOLENCI	0,425 ± 0,066	0,491 ± 0,076	0,916 ± 0,100	0,071 ± 0,011	0,081 ± 0,012	0,081 ± 0,012	0,081 ± 0,012	0,081 ± 0,012	0,076 ± 0,017	
18	GORNJA RADGONA	0,388 ± 0,060	0,400 ± 0,062	0,787 ± 0,086	0,065 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,014	
19	SVEČINA PLAČ	0,466 ± 0,072	0,485 ± 0,075	0,951 ± 0,104	0,078 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,079 ± 0,017	
20	RIBNICA NA POHORJU	0,417 ± 0,064	0,423 ± 0,065	0,840 ± 0,091	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,015	
21	KOTLJE	0,478 ± 0,074	0,514 ± 0,079	0,992 ± 0,108	0,080 ± 0,012	0,085 ± 0,013	0,085 ± 0,013	0,085 ± 0,013	0,085 ± 0,013	0,083 ± 0,018	
22	VELENJE	0,403 ± 0,062	0,416 ± 0,064	0,819 ± 0,089	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,068 ± 0,015	
23	NAZARJE MOZIRJE	0,433 ± 0,067	0,427 ± 0,066	0,860 ± 0,094	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,016	
24	LUČE OB SAVINJI	0,399 ± 0,061	0,442 ± 0,068	0,841 ± 0,092	0,067 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,070 ± 0,015	
25	VAČE	0,436 ± 0,067	0,435 ± 0,067	0,871 ± 0,095	0,073 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,073 ± 0,016	
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,385 ± 0,059	0,419 ± 0,064	0,804 ± 0,088	0,065 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,067 ± 0,015	
27	BRNIK AERODROM	0,525 ± 0,081	0,562 ± 0,087	1,087 ± 0,118	0,088 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,091 ± 0,020	
28	JEZERSKO	0,495 ± 0,076	0,524 ± 0,081	1,019 ± 0,111	0,083 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,085 ± 0,019	
29	PODLJUBELJ	0,378 ± 0,058	0,410 ± 0,063	0,788 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,066 ± 0,014	
30	LESCE	0,474 ± 0,073 *	0,420 ± 0,065	0,894 ± 0,097	0,080 ± 0,012 *	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,069 ± 0,011	0,074 ± 0,016	
31	PLANINA POD GOLICO	0,415 ± 0,064	0,497 ± 0,077	0,913 ± 0,100	0,070 ± 0,011	0,082 ± 0,013	0,082 ± 0,013	0,082 ± 0,013	0,082 ± 0,013	0,076 ± 0,017	
32	ZDENSKA VAS	0,449 ± 0,069	0,463 ± 0,071	0,911 ± 0,099	0,075 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,017	
33	RATEČE	0,355 ± 0,055	0,485 ± 0,075	0,840 ± 0,093	0,060 ± 0,009	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,070 ± 0,015	
34	TRENTA	0,286 ± 0,044	0,325 ± 0,050	0,611 ± 0,067	0,048 ± 0,007	0,054 ± 0,008	0,054 ± 0,008	0,054 ± 0,008	0,054 ± 0,008	0,051 ± 0,011	
35	LOG POD MANGARTOM	0,432 ± 0,066	0,463 ± 0,071	0,895 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016	
36	BOVEC	0,364 ± 0,056	0,381 ± 0,059	0,745 ± 0,081	0,061 ± 0,009	0,063 ± 0,010	0,063 ± 0,010	0,063 ± 0,010	0,063 ± 0,010	0,062 ± 0,014	
37	TOLMIN	0,394 ± 0,061	0,390 ± 0,060	0,784 ± 0,085	0,066 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,065 ± 0,014	
38	BILJE NOVA GORICA	0,290 ± 0,045	0,330 ± 0,051	0,620 ± 0,068	0,049 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,052 ± 0,011	
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,393 ± 0,060	0,410 ± 0,063	0,803 ± 0,087	0,066 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,067 ± 0,015	
40	LOKEV PRI LIPICI	0,477 ± 0,073	0,485 ± 0,075	0,962 ± 0,105	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,017	
41	SEČOVLJE AERODROM	0,347 ± 0,053	0,353 ± 0,054	0,700 ± 0,076	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,013	
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,377 ± 0,058	0,408 ± 0,063	0,785 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,065 ± 0,014	
43	ZALOG POSTOJNA	0,419 ± 0,065	0,446 ± 0,069	0,865 ± 0,094	0,070 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,072 ± 0,016	
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,529 ± 0,081	0,578 ± 0,089	1,107 ± 0,121	0,089 ± 0,014	0,096 ± 0,015	0,096 ± 0,015	0,096 ± 0,015	0,096 ± 0,015	0,092 ± 0,020	
45	VRHNIKA	0,642 ± 0,099	0,660 ± 0,102	1,302 ± 0,142	0,108 ± 0,017	0,109 ± 0,017	0,109 ± 0,017	0,109 ± 0,017	0,109 ± 0,017	0,109 ± 0,024	
46	VOJSKO	0,403 ± 0,062	0,456 ± 0,070	0,859 ± 0,094	0,068 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,012	0,072 ± 0,016	
47	SORICA	0,355 ± 0,055	0,378 ± 0,058	0,732 ± 0,080	0,060 ± 0,009	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,010	0,062 ± 0,010	0,061 ± 0,013	
48	STARA FUŽINA	0,308 ± 0,047	0,334 ± 0,051	0,643 ± 0,070	0,052 ± 0,008	0,055 ± 0,009	0,055 ± 0,009	0,055 ± 0,009	0,055 ± 0,009	0,054 ± 0,012	
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,602 ± 0,093	0,651 ± 0,100	1,253 ± 0,137	0,101 ± 0,016	0,108 ± 0,017	0,108 ± 0,017	0,108 ± 0,017	0,108 ± 0,017	0,104 ± 0,023	
50	KREDARICA	0,386 ± 0,059	0,406 ± 0,063	0,792 ± 0,086	0,065 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014	
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Povprečje - merilna mesta		0,424 ± 0,074	0,446 ± 0,073	0,870 ± 0,139	0,071 ± 0,012	0,074 ± 0,012	0,074 ± 0,012	0,074 ± 0,012	0,074 ± 0,012	0,072 ± 0,016	
Najvišja doza		0,642 ± 0,099 (45)	0,660 ± 0,102 (45)	1,302 ± 0,142 (45)	0,108 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,024 (45)	
Najnižja doza		0,286 ± 0,044 (34)	0,325 ± 0,050 (34)	0,611 ± 0,067 (34)	0,048 ± 0,007 (34)	0,054 ± 0,008 (34)	0,054 ± 0,008 (34)	0,054 ± 0,008 (34)	0,054 ± 0,008 (34)	0,051 ± 0,011 (34)	

\* Dozimeter je bil izgubljen, ukraden, oz. do priprave tega poročila še ni bil vrnjen v odčitavanje; če so bili podatki na voljo, so navedene vrednosti dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

\*\* Negotovost rezultatov meritev podajamo za interval zaupanja 95 %.

## A.8 Pitna voda

Tabela A.23 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode



Vzorč. mesto	Medvode	Škofljica	Litija	Žiri
Datum vzor.	12. 4. 2018	11. 4. 2018	11. 4. 2018	12. 4. 2018
Kol. vzorca (L)	51,47	51,60	51,16	51,24
Koda vzorca	RP18VD121541	RP18VD121941	RP18VD127041	RP18VD422641
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )			
U-238		2,0E+00 ± 2E+00 ‡		7,5E-01 ± 6E-01 #
Ra-226	1,2E+01 ± 1E+00	1,6E+00 ± 6E-01	7,4E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 3E-01
Pb-210	5,9E+00 ± 2E+00	1,4E+01 ± 2E+00	6,7E+00 ± 3E+00	2,7E+00 ± 4E-01
Ra-228	5,5E+00 ± 6E-01	9,6E-01 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 2E-01
Th-228	9,0E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 4E-01 ‡	4,7E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 6E-02
Th-230				1,2E+01 ± 3E+00 #
K-40	2,9E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	1,2E+01 ± 2E+00
Be-7	7,2E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 1E+00	2,9E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 6E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137				
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	3,6E-01 ± 7E-02 #	1,0E+00 ± 1E-01 #	8,3E-02 † #	7,8E-02 † #
H-3	4,3E+02 ± 6E+01 #	4,1E+02 ± 6E+01 #	4,5E+02 ± 6E+01 #	4,3E+02 ± 6E+01 #

Vzorč. mesto	Jesenice	Dobrnjč	Senovo	Semič
Datum vzor.	12. 4. 2018	26. 3. 2018	26. 3. 2018	26. 3. 2018
Kol. vzorca (L)	51,77	50,66	51,63	50,76
Koda vzorca	RP18VD427041	RP18VD821131	RP18VD828131	RP18VD833331
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )			
U-238	6,1E-01 ± 9E-01 ‡ #		1,1E+01 ± 3E+00	4,5E+00 ± 2E+00
Ra-226	1,1E+00 ± 4E-01	8,5E+00 ± 9E-01	1,3E+01 ± 1E+00	2,9E+00 ± 4E-01
Pb-210	2,1E-02 ± 1E+00 ‡ #	1,1E+01 ± 7E+00	2,2E+00 ± 3E+00 ‡ #	2,4E+00 ± 4E+00 ‡
Ra-228	1,4E+00 ± 9E-01	3,2E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 5E-01
Th-228	4,2E-01 ± 2E-01	6,2E-02 ± 3E-01 ‡	3,3E-01 ± 3E-01 ‡	4,0E-01 ± 2E-01
Th-230		1,0E+01 ± 1E+01 ‡ #		
K-40	4,3E+00 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	6,4E+01 ± 7E+00	1,2E+01 ± 2E+00
Be-7	2,6E-01 ± 2E+00 ‡	2,7E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	4,1E+00 ± 2E+00
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,4E-03 ± 1E-01 ‡			
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	8,2E-02 † #	9,0E-02 † #	4,1E-01 ± 8E-02 #	8,3E-02 † #
H-3	5,5E+02 ± 6E+01 #	5,8E+02 ± 8E+01 #	5,1E+02 ± 8E+01 #	6,1E+02 ± 8E+01 #

Tabela A.24 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode



Vzorč. mesto	Celje	Ptuj	Gornja Radgona	Stoperce
Datum vzor.	14. 5. 2018	31. 5. 2018	31. 5. 2018	14. 5. 2018
Kol. vzorca (L)	51,62	52,34	52,02	52,20
Koda vzorca	RP18VD300051	RP18VD225051	RP18VD925051	RP18VD228951
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )			
U-238	2,3E+00 ± 2E+00 #	8,7E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 3E+00	6,1E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,2E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 6E-01	5,2E-01 ± 3E-01
Pb-210	1,9E+00 ± 4E-01 †	3,6E+00 ± 6E-01	5,3E+00 ± 5E+00 †	1,1E+00 ± 3E-01 †
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 4E-01
Th-228	3,0E-01 ± 2E-01	5,9E-01 ± 8E-02	6,2E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 5E-01
Th-230				
K-40	5,2E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 5E+00	9,2E+01 ± 9E+00	5,8E+01 ± 6E+00
Be-7	2,8E+00 ± 6E-01		1,5E+00 ± 9E-01	6,7E-01 ± 1E+00 †
I-131				
Cs-134				
Cs-137				
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	7,5E-02 ± 5E-03 † #	8,3E-02 ± 5E-03 † #	2,7E+00 ± 2E-01 #	7,8E-02 ± 5E-03 † #
H-3	5,2E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	6,5E+02 ± 9E+01	3,9E+02 ± 6E+01

Vzorč. mesto	Rogaška Slatina	Žalec	Beltinci
Datum vzor.	14. 5. 2018	14. 5. 2018	31. 5. 2018
Kol. vzorca (L)	52,45	52,54	52,81
Koda vzorca	RP18VD325051	RP18VD331051	RP18VD923151
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )		
U-238	2,4E+00 ± 2E+00 †	3,0E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 1E+00 † #
Ra-226	6,4E+00 ± 7E-01	1,9E+01 ± 2E+00	2,0E+00 ± 5E-01
Pb-210	4,0E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 4E-01 #	2,7E+00 ± 1E+00 #
Ra-228	7,0E-01 ± 5E-01	1,4E+01 ± 5E-01	2,1E+00 ± 3E-01
Th-228	5,5E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	7,5E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	1,6E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 4E+00
Be-7	3,0E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 5E-01	9,0E-01 ± 9E-01 †
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	3,9E-01 ± 9E-02 #	5,5E-01 ± 7E-02 #	7,1E-02 ± 5E-03 † #
H-3	4,6E+02 ± 8E+01	5,0E+02 ± 6E+01	6,5E+02 ± 7E+01

## A.9 Hrana

Tabela A.25 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana

ZVD

Oznaka vzorca	MLLJ0218	MLLJ0418	MLLJ0618	MLLJ0818	MLLJ1018	MLLJ1218	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	12.03.2018	9.05.2018	9.07.2018	7.09.2018	9.11.2018	10.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	4.05.2018	23.06.2018	7.09.2018	26.09.2018	18.12.0218	23.01.2019	
Kol. vzorca (g)	10800	10814	10330	10814	10886	10872	(Bq/kg)
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U ( <sup>234</sup> Th)	1,3E-1 ± 5E-2		1,5E-1 ± 8E-2	5,9E-2 ± 2E-2			1,1E-1
<sup>226</sup> Ra*	2,8E-2 ± 7E-3	2,1E-2 ± 9E-3	4,2E-2 ± 9E-3	1,1E-2 ± 3E-3	1,6E-2 ± 9E-3		2,4E-2
<sup>210</sup> Pb		1,0E-1 ± 6E-2	1,4E-1 ± 7E-2				1,2E-1
Th ( <sup>228</sup> Ra)					2,2E-2 ± 2E-2		
<sup>228</sup> Th	4,4E-2 ± 2E-2		3,1E-2 ± 2E-2				3,8E-2
<sup>40</sup> K	5,2E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	5,0E+1
<sup>7</sup> Be							
<sup>134</sup> Cs							
<sup>137</sup> Cs	4,2E-2 ± 5E-3	4,4E-2 ± 6E-3	3,7E-2 ± 6E-3	4,0E-2 ± 3E-3	4,8E-2 ± 4E-3	5,1E-2 ± 6E-3	4,4E-2
<sup>131</sup> I							
<sup>90</sup> Sr	2,7E-2 ± 6E-3	3,4E-2 ± 5E-3	1,1E-1 ± 1E-2	1,8E-2 ± 7E-3	2,2E-2 ± 8E-3	2,2E-2 ± 7E-3	3,8E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.26 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid

ZVD

Oznaka vzorca	MLKO0218	MLKO0418	MLKO0618	MLKO0818	MLKO1018	MLKO1218	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	12.03.2018	9.05.2018	23.07.2018	6.09.2018	9.11.2018	10.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	4.05.2018	23.6.2018	7.09.2018	26.09.2018	18.12.2018	23.01.2019	
Kol. vzorca (g)	9880	9902	9952	10308	10199	10139	(Bq/kg)
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U ( <sup>234</sup> Th)	4,4E-2 ± 2E-2	8,1E-2 ± 7E-2	1,2E-1 ± 6E-2				8,0E-2
<sup>226</sup> Ra*	1,0E-2 ± 3E-3	1,5E-2 ± 1E-2	4,8E-2 ± 8E-3	2,2E-2 ± 8E-3	3,2E-2 ± 3E-2		2,5E-2
<sup>210</sup> Pb			1,8E-1 ± 6E-2	1,0E-1 ± 8E-2			
Th ( <sup>228</sup> Ra)				4,0E-2 ± 2E-2	7,0E-2 ± 1E-2		5,5E-2
<sup>228</sup> Th	2,3E-2 ± 7E-3		1,7E-2 ± 1E-2		9,7E-3 ± 9E-3		1,6E-2
<sup>40</sup> K	5,0E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 2E+0	5,0E+1 ± 2E+0	5,1E+1 ± 3E+0	5,1E+1
<sup>7</sup> Be							
<sup>134</sup> Cs							
<sup>137</sup> Cs	1,0E-1 ± 4E-3	4,3E-2 ± 5E-3	8,6E-2 ± 6E-3	5,2E-2 ± 5E-3	7,7E-2 ± 4E-3	7,9E-2 ± 6E-3	7,3E-2
<sup>131</sup> I							
<sup>90</sup> Sr	1,2E-1 ± 1E-2	1,1E-2 ± 5E-3	5,1E-2 ± 8E-3	1,0E-1 ± 2E-2	2,6E-2 ± 8E-3	5,3E-2 ± 1E-2	6,0E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano



Tabela A.27 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica

ZVD

Oznaka vzorca	MLBB0218	MLBB0418	MLBB0618	MLBB0818	MLBB1018	MLBB1218	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	12.03.2018	14.05.2018	20.07.2018	7.09.2018	9.11.2018	10.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	4.05.2018	23.06.2018	5.09.2018	26.09.2018	18.12.2018	23.01.2019	
Kol. vzorca (g)	9482	9562	9383	10318	9730	9225	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U ( <sup>234</sup> Th)				1,5E-1 ± 7E-2	7,8E-2 ± 5E-2	1,1E-1 ± 6E-2	
<sup>226</sup> Ra*	4,8E-2 ± 4E-2		6,4E-3 ± 5E-3	1,2E-2 ± 7E-3	1,3E-1 ± 1E-1		4,9E-2
<sup>210</sup> Pb							
Th ( <sup>228</sup> Ra)	3,5E-2 ± 3E-2		2,2E-2 ± 2E-2	5,4E-2 ± 2E-2		3,7E-2 ± 2E-2	3,7E-2
<sup>228</sup> Th		2,3E-2 ± 2E-2				1,6E-2 ± 1E-2	2,0E-2
<sup>40</sup> K	4,6E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 2E+0	4,7E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 2E+0	4,9E+1
<sup>7</sup> Be							
<sup>134</sup> Cs							
<sup>137</sup> Cs	3,9E-2 ± 5E-3	2,5E-2 ± 6E-3	1,6E-2 ± 2E-3	2,2E-2 ± 4E-3	1,6E-2 ± 4E-3	2,2E-2 ± 4E-3	2,3E-2
<sup>131</sup> I							
<sup>90</sup> Sr	1,9E-2 ± 6E-3	1,1E-2 ± 4E-3	< 4,3E-3	3,8E-3 ± 4E-3	4,8E-2 ± 1E-2	1,2E-2 ± 6E-3	1,6E-2

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.28 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota

ZVD

Oznaka vzorca	MLMS0218	MLMS0418	MLMS0618	MLMS0818	MLMS1018	MLMS1218	Letno povprečje
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	
Datum mer.	1.03.2018	3.05.2018	4.07.2018	31.08.2018	7.11.2018	7.01.2019	
Dat. mer. Sr-90	4.05.2018	23.06.2018	7.09.2018	26.09.2018	18.12.2018	23.01.2019	
Kol. vzorca (g)	500	500	500	500	500	500	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)						(Bq/kg)
U ( <sup>234</sup> Th)	2,0E+0 ± 6E-1		5,1E+0 ± 4E-1	1,7E+0 ± 6E-1		2,0E+0 ± 1E+0	2,7E+0
<sup>226</sup> Ra*	9,5E-1 ± 9E-2		8,9E-1 ± 7E-2	1,9E-1 ± 9E-2	1,6E-1 ± 1E-1		5,5E-1
<sup>210</sup> Pb	8,2E-1 ± 6E-1			7,6E-1 ± 7E-1			7,9E-1
Th ( <sup>228</sup> Ra)	2,6E-1 ± 2E-1				3,2E-1 ± 3E-1		2,9E-1
<sup>228</sup> Th			3,7E-1 ± 8E-2	2,0E-1 ± 1E-1			2,9E-1
<sup>40</sup> K	5,6E+2 ± 4E+1	5,7E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 4E+1	5,6E+2 ± 3E+1	5,3E+2 ± 4E+1	5,3E+2 ± 4E+1	5,5E+2
<sup>7</sup> Be							
<sup>134</sup> Cs							
<sup>137</sup> Cs	2,7E-1 ± 5E-2	2,4E-1 ± 5E-2	2,3E-1 ± 4E-2	3,1E-1 ± 5E-2	< 5,6E-1	3,4E-1 ± 9E-2	3,2E-1
<sup>131</sup> I							
<sup>90</sup> Sr	1,9E-1 ± 8E-2	2,4E-1 ± 7E-2	1,1E-1 ± 5E-2	2,2E-1 ± 7E-2	1,6E-1 ± 1E-1	< 8,0E-2	1,7E-1

Specifična aktivnost je preračunana na sredino intervala vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.29 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora

ZVD

Oznaka vzorca	MS010318	MS020418	MS030418	MS040418	MS050418
Vzorec	svinjsko meso	postrvi	puran	jajca	gozdni med
Kraj vz.:	Prestranek	Žalec	Ptuj	Križevci	Povir
Datum vzor.	28.02.2018	5.04.2018	5.04.2018	5.04.2018	16.04.2018
Datum merj.	20.03.2018	16.04.2018	13.04.2018	13.04.2018	25.04.2018
Dat mer. Sr-90	14.05.0218	18.05.0218	18.05.0218	18.05.0218	8.06.2018
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)				
U ( <sup>234</sup> Th)			1,6E-1 ± 8E-2		
<sup>226</sup> Ra*	4,8E-2 ± 2E-2	1,1E-1 ± 3E-02	5,3E-2 ± 2E-2	1,3E-1 ± 2E-2	8,4E-2 ± 3E-2
<sup>210</sup> Pb		3,0E-1 ± 2E-1			
Th ( <sup>228</sup> Ra)	1,0E-1 ± 7E-2			1,2E-01 ± 4E-02	
<sup>228</sup> Th	7,0E-2 ± 3E-2			1,3E-1 ± 3E-2	2,0E-1 ± 6E-2
<sup>40</sup> K	9,0E+1 ± 5E+0	1,2E+2 ± 6E+0	9,3E+1 ± 5E+0	4,4E+1 ± 2E+0	7,0E+1 ± 3E+0
<sup>7</sup> Be					
<sup>134</sup> Cs					
<sup>137</sup> Cs	4,5E-2 ± 8E-3	2,9E-1 ± 2E-2	< 5,5E-2	< 7,1E-2	2,6E+0 ± 7E-2
<sup>131</sup> I					
<sup>90</sup> Sr	2,6E-1 ± 3E-2	< 2,4E-2	< 3,3E-2 #	< 2,7E-2	< 1,2E-1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	MS060618	MS070618	MS081018	Letno povprečje  (Bq/kg)
Vzorec	goveje meso	divji prašič	sir čebular	
Kraj vz.:	Fokovci	Kamnik	Gornje Ponikve	
Datum vzor.	30.05.2018	7.06.2018	1.10.2018	
Datum merj.	8.06.2018	14.06.2018	5.10.2018	
Dat. mer. Sr-90	27.08.2018	27.08.2018	30.10.2018	
Izotop	Specifična aktivnost ( Bq / kg )			
U ( <sup>234</sup> Th)		2,8E-1 ± 2E-01		2,2E-01
<sup>226</sup> Ra*	1,1E-1 ± 2E-02	3,8E-2 ± 3E-2	1,2E-1 ± 3E-2	8,7E-02
<sup>210</sup> Pb				3,0E-01
Th ( <sup>228</sup> Ra)			1,7E-1 ± 1E-1	1,3E-01
<sup>228</sup> Th			1,0E-1 ± 9E-2	1,2E-01
<sup>40</sup> K	8,6E+1 ± 5E+0	7,5E+1 ± 4E+0	3,0E+1 ± 2E+0	7,5E+01
<sup>7</sup> Be				
<sup>134</sup> Cs				
<sup>137</sup> Cs	9,0E-2 ± 9E-3	5,8E+2 ± 2E+1	< 1,7E-1	7,3E+01
<sup>131</sup> I				
<sup>90</sup> Sr	3,8E-2 ± 2E-2	< 3,8E-2	< 9,2E-2	7,9E-02

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.30 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric

ZVD

Oznaka vzorca	MO010418	MO020418	MO030818	MO040918
<b>Vzorec</b>	ječmenova moka	kruh beli	riž dolgozrnati	pšenica
Kraj vz.:	Šentjernej	Jesenica na Dol.	Beltinci	KOG Lacaves
Datum vzor.	19.04.2018	19.04.2018	21.08.2018	3.09.2018
Datum merj.	24.04.2018	26.04.2018	31.08.2018	13.09.2018
Dat. mer. Sr-90	8.06.2018	8.06.2018	12.09.2018	16.10.2018
<b>Izotop</b>	<b>Specifična aktivnost ( Bq / kg )</b>			
U ( <sup>234</sup> Th)	2,5E-1 ± 1E-1		2,6E-1 ± 1E-1	7,9E-1 ± 2E-1
<sup>226</sup> Ra*	1,8E-1 ± 1E-2	4,5E-2 ± 2E-02	5,2E-1 ± 2E-1	1,1E-1 ± 2E-2
<sup>210</sup> Pb	4,1E-1 ± 1E-1	1,2E-1 ± 9E-2		
Th ( <sup>228</sup> Ra)	1,7E-1 ± 3E-2		1,3E-1 ± 5E-2	1,1E-01 ± 6E-02
<sup>228</sup> Th	8,4E-2 ± 3E-2	7,6E-2 ± 2E-02		5,3E-2 ± 5E-2
<sup>40</sup> K	1,4E+2 ± 8E+0	3,6E+1 ± 2E+0	2,3E+1 ± 1E+0	1,3E+2 ± 8E+0
<sup>7</sup> Be				9,6E-1 ± 1E-1
<sup>134</sup> Cs				
<sup>137</sup> Cs	< 6,6E-2	1,2E-2 ± 4E-3	< 8,0E-2	< 1,2E-1
<sup>131</sup> I				
<sup>90</sup> Sr	< 3,4E-2	2,7E-2 ± 1E-2	< 4,5E-2	9,9E-2 ± 3E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	MO050918	MO060918	Letno povprečje  (Bq/kg)
<b>Vzorec</b>	ajda	oves	
Kraj vz.:	Hrvaška	Avstrija	
Datum vzor.	26.09.2018	26.09.2018	
Datum merj.	2.10.2018	4.10.2018	
Dat. mer. Sr-90	30.10.2018	30.10.2018	
<b>Izotop</b>	<b>Specifična aktivnost ( Bq / kg )</b>		
U ( <sup>234</sup> Th)			4,3E-1
<sup>226</sup> Ra*	1,2E-1 ± 2E-2	5,6E-1 ± 4E-02	2,6E-1
<sup>210</sup> Pb	6,2E-1 ± 2E-1		3,8E-1
Th ( <sup>228</sup> Ra)		1,6E-01 ± 1E-01	1,4E-1
<sup>228</sup> Th	2,0E-1 ± 6E-2	1,3E-01 ± 9E-02	1,1E-1
<sup>40</sup> K	1,8E+2 ± 1E+1	1,4E+2 ± 8E+0	1,1E+2
<sup>7</sup> Be		3,0E+0 ± 3E-1	2,0E+0
<sup>134</sup> Cs			
<sup>137</sup> Cs	2,5E-1 ± 2E-2	2,5E-1 ± 3E-2	1,30E-1
<sup>131</sup> I			
<sup>90</sup> Sr	6,2E-2 ± 5E-2	1,9E-1 ± 6E-2	7,5E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.31 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja

ZVD

Oznaka vzorca	SS010418	SS020518	SS030718	SS040718
<b>Vzorec</b>	banane	jagode	ameriške borovnice	breskve
Kraj vz.:	Kolumbija	Kranj	Drenov grič	Vedrijan
Datum vzor.	12.04.2018	1.05.2018	3.07.2018	12.07.2018
Datum merj.	18.04.2018	23.05.2018	9.07.2018	24.07.2018
Dat. mer. Sr-90	7.06.2018	27.08.2018	10.09.2018	18.09.2018
<b>Izotop</b>	<b>Specifična aktivnost ( Bq / kg )</b>			
U ( <sup>234</sup> Th)		5,5E-2 ± 5E-02	1,3E-1 ± 1E-2	6,1E-2 ± 3E-2
<sup>226</sup> Ra*	1,5E-1 ± 1E-1	1,3E-2 ± 8E-03	5,2E-2 ± 3E-3	3,2E-2 ± 4E-3
<sup>210</sup> Pb			3,1E-1 ± 3E-2	1,4E-1 ± 3E-02
Th ( <sup>228</sup> Ra)	1,8E-1 ± 5E-2	3,3E-02 ± 1E-02		3,8E-02 ± 1E-02
<sup>228</sup> Th		2,2E-2 ± 1E-02	2,0E-2 ± 3E-3	1,6E-2 ± 1E-2
<sup>40</sup> K	1,2E+2 ± 7E+0	3,1E+1 ± 2E+0	1,8E+1 ± 1E+0	3,5E+1 ± 2E+0
<sup>7</sup> Be		1,4E-1 ± 3E-2	2,3E+0 ± 9E-2	5,9E-1 ± 3E-2
<sup>134</sup> Cs				
<sup>137</sup> Cs	< 1,0E-1	< 3,1E-2	5,5E-1 ± 2E-2	< 2,3E-2
<sup>131</sup> I				
<sup>90</sup> Sr	< 1,2E-2	2,2E-2 ± 6E-3	2,1E-2 ± 3E-3	< 1,2E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	SS050818	SS060918	Letno povprečje  (Bq/kg)
<b>Vzorec</b>	grozdje belo	jabolka	
Kraj vz.:	Beltinci	Ivanjkovci	
Datum vzor.	21.08.2018	3.09.2018	
Datum merj.	31.08.2018	13.09.2018	
Dat. mer. Sr-90	6.10.2018	16.10.2018	
<b>Izotop</b>	<b>Specifična aktivnost ( Bq / kg )</b>		
U ( <sup>234</sup> Th)	2,7E-1 ± 2E-1	1,3E-1 ± 3E-02	1,3E-1
<sup>226</sup> Ra*	5,4E-2 ± 4E-2	9,5E-2 ± 4E-03	6,6E-2
<sup>210</sup> Pb		1,1E-1 ± 2E-2	1,9E-1
Th ( <sup>228</sup> Ra)		2,7E-02 ± 6E-03	7,0E-2
<sup>228</sup> Th		1,3E-02 ± 6E-03	1,8E-2
<sup>40</sup> K	5,1E+1 ± 3E+0	4,5E+1 ± 2E+0	5,1E+1
<sup>7</sup> Be		3,0E-1 ± 2E-2	8,3E-1
<sup>134</sup> Cs			
<sup>137</sup> Cs	< 8,4E-2	< 1,4E-2	1,34E-1
<sup>131</sup> I			
<sup>90</sup> Sr	7,0E-2 ± 4E-2	2,3E-2 ± 1E-2	2,7E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.32 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave



Oznaka vzorca	SZ010418	SZ020718	SZ030718	SZ040718
<b>Vzorec</b>	krompir	solata	cvetača	paradižnik
Kraj vz.:	Podbočje	Šenčur	Tržič	Nova Gorica
Datum vzor.	18.04.2018	12.05.2018	3.07.2018	17.07.2018
Datum merj.	24.04.2018	24.05.2018	10.07.2018	30.07.2018
Dat. mer. Sr-90	7.06.2018	27.08.2018	10.09.2018	18.09.2018
<b>Izotop</b>	<b>Specifična aktivnost ( Bq / kg )</b>			
U ( <sup>234</sup> Th)	8,5E-2 ± 5E-2			4,1E-1 ± 4E-2
<sup>226</sup> Ra*	2,5E-2 ± 9E-3	5,2E-2 ± 1E-02	4,3E-2 ± 1E-2	7,7E-3 ± 4E-3
<sup>210</sup> Pb		6,8E-1 ± 1E-1	2,1E-1 ± 8E-2	
Th ( <sup>228</sup> Ra)	4,3E-2 ± 1E-2	3,9E-02 ± 3E-02	3,5E-2 ± 3E-2	5,0E-02 ± 2E-02
<sup>228</sup> Th			4,6E-2 ± 2E-2	
<sup>40</sup> K	1,6E+2 ± 8E+0	7,1E+1 ± 4E+0	9,9E+1 ± 5E+0	3,5E+1 ± 2E+0
<sup>7</sup> Be		5,8E+0 ± 2E-1	6,5E-1 ± 6E-2	
<sup>134</sup> Cs				
<sup>137</sup> Cs	2,4E-2 ± 4E-3	3,5E-2 ± 7E-3	5,2E-2 ± 7E-3	1,9E-2 ± 3E-3
<sup>131</sup> I				
<sup>90</sup> Sr	< 2,1E-2	3,6E-1 ± 3E-2	1,2E-1 ± 2E-2	< 1,0E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	SZ050818	SZ060918	Letno povprečje  (Bq/kg)
<b>Vzorec</b>	paprika	sveži jurški	
Kraj vz.:	Beltinci	Turčija	
Datum vzor.	21.08.2018	24.09.2018	
Datum merj.	24.08.2018	2.10.2018	
Dat. mer. Sr-90	16.10.2018	29.10.2018	
<b>Izotop</b>	<b>Specifična aktivnost ( Bq / kg )</b>		
U ( <sup>234</sup> Th)		1,8E-1 ± 5E-02	2,3E-1
<sup>226</sup> Ra*	1,2E-2 ± 6E-3		2,8E-2
<sup>210</sup> Pb	8,3E-2 ± 3E-2	4,0E-1 ± 5E-2	3,4E-1
Th ( <sup>228</sup> Ra)			4,2E-2
<sup>228</sup> Th		1,5E-02 ± 1E-02	3,1E-2
<sup>40</sup> K	4,8E+1 ± 2E+0	9,2E+0 ± 5E+0	7,0E+1
<sup>7</sup> Be		3,1E-1 ± 4E-2	2,3E+0
<sup>134</sup> Cs			
<sup>137</sup> Cs	1,6E-2 ± 3E-3	3,1E+0 ± 8E-2	2,9E-2
<sup>131</sup> I			
<sup>90</sup> Sr	< 1,1E-2	< 1,8E-2	9,1E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Tabela A.33 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane

ZVD

Oznaka vzorca	OHU0418	OHMB0318	OHNM0318	OHKP0318	OHKR0318	Letno povprečje
Vzorec	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	
Kraj vz.:	Ljubljana	Maribor	Novo mesto	Koper	Kranj	
Datum vzor.	9.-13.4.2018	12. - 16.3.2018	19. - 23.3.2018		12. - 16.3.2018	
Datum merj.	18.04.2018	22.03.2018	30.03.2018	10.04.2018	26.03.2018	
Dat mer. Sr-90	5.06.2018	14.05.2018	14.05.2018	14.05.2018	14.05.2018	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)					
U ( <sup>234</sup> Th)		7,3E-2 ± 5,E-02				7,3E-2
<sup>226</sup> Ra*	5,0E-2 ± 8E-3	1,8E-2 ± 7,E-03	2,8E-2 ± 6E-3		5,3E-2 ± 1E-2	3,7E-2
<sup>210</sup> Pb			6,5E-2 ± 5E-2		7,0E-2 ± 6E-2	6,7E-2
Th ( <sup>228</sup> Ra)		4,6E-02 ± 1,E-02	4,8E-2 ± 2E-2		2,2E-2 ± 2E-2	3,9E-2
<sup>228</sup> Th	2,8E-2 ± 2E-2		3,4E-2 ± 1,E-02	5,3E-2 ± 2E-2	2,5E-2 ± 2E-2	3,5E-2
<sup>40</sup> K	4,9E+1 ± 3E+0	4,7E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 3E+0	5,3E+1 ± 3E+0	3,8E+1 ± 2E+0	4,7E+1
<sup>7</sup> Be						
<sup>134</sup> Cs						
<sup>137</sup> Cs	< 4,0E-2	2,1E-2 ± 3E-3	2,3E-2 ± 3E-3	< 5,1E-2	1,9E-2 ± 4E-3	3,1E-2
<sup>131</sup> I						
<sup>90</sup> Sr	< 1,3E-2	1,7E-2 ± 9E-3	2,1E-2 ± 1E-2	< 1,3E-2	1,2E-2 ± 1E-2	1,5E-2

Specifična aktivnost je preračunana na zadnji dan vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

## A.10 Krmila

ZVD

Tabela A.34 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme

Oznaka vzorca	RV2410718	RV2920818	RV1960618	RV1970618	RV1850618
Vzorec	sveža trava	sveža trava	seno	seno	seno
Kraj vz.:	Sevnica	Brežice	Gorenja Dobrava	Odlagališče Boršt	Jezerško
Zemlj. širina	46°00'49.7"	45°54'35.8"	46°05'18.5"	46° 05' 9.6"	46°24'05.7"
Zemlj. dolžina	15°18'35.2"	15°36'02.9"	14°09'26.4"	15° 05' 28.3"	14°30'30.1"
Datum vzor.	28.07.2018	13.08.2018	18.06.2018	19.06.2018	4.06.2018
Datum merj.	2.08.2018	27.08.2018	29.06.2018	29.06.2018	2.07.2018
Dat. mer. Sr-90	12.09.2018	24.09.2018	3.09.2018	3.09.2018	3.09.2018
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST( Bq / kg )				
U ( <sup>234</sup> Th)		4,3E+0 ± 1E+0	5,7E+0 ± 8E-1	1,2E+1 ± 9E-1	7,4E+0 ± 1E+0
<sup>226</sup> Ra*	2,7E+0 ± 3E-1	9,1E+0 ± 4E-1	2,5E+0 ± 2E-1	5,9E+0 ± 2E-1	1,7E+0 ± 2E-1
<sup>210</sup> Pb	3,2E+1 ± 4E+0	5,3E+1 ± 5E+0	4,6E+1 ± 4E+0	3,7E+1 ± 3E+0	3,2E+1 ± 3E+0
Th ( <sup>228</sup> Ra)	1,1E+0 ± 3E-1	9,6E+0 ± 6E-1	3,8E+0 ± 3E-1	1,6E+0 ± 3E-1	
Th ( <sup>228</sup> Th)	5,1E-1 ± 3E-1	7,1E+0 ± 5E-1	1,8E+0 ± 3E-1	5,4E-1 ± 2E-1	1,2E+0 ± 4E-1
Th ( <sup>224</sup> Ra)	4,5E+0 ± 1E+0	1,2E+1 ± 2E+0	4,2E+0 ± 9E-1	1,1E+0 ± 9E-1	
Th ( <sup>212</sup> Pb)	9,6E-1 ± 2E-1	9,0E+0 ± 5E-1	1,6E+0 ± 2E-1	8,1E-1 ± 1E-1	3,3E-1 ± 2E-1
<sup>235</sup> U			3,7E-1 ± 1E-1	5,5E-1 ± 1E-1	3,6E-1 ± 2E-1
<sup>40</sup> K	1,3E+3 ± 1E+2	8,8E+2 ± 6E+1	6,7E+2 ± 4E+1	5,3E+2 ± 3E+1	5,5E+2 ± 3E+1
<sup>7</sup> Be	3,5E+2 ± 3E+1	3,7E+2 ± 2E+1	3,7E+2 ± 2E+1	2,5E+2 ± 1E+1	4,3E+2 ± 2E+1
<sup>134</sup> Cs					
<sup>137</sup> Cs	1,2E+0 ± 1E-1	2,1E+0 ± 2E-1	1,7E+0 ± 1E-1	< 5,2E-1	5,5E+0 ± 3E-1
<sup>131</sup> I					
<sup>230</sup> Th				2,1E+1 ± 5E+0	
<sup>234</sup> U			2,6E+1 ± 2E+1		
<sup>90</sup> Sr	1,8E+0 ± 2E-1	3,3E+0 ± 3E-1	1,0E+1 ± 9E-1	9,7E-1 ± 1E-1	1,1E+0 ± 1E-1

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

Oznaka vzorca	RV2400718	RV2740718	RV3240918	RV1810618	RV1700618
Vzorec	travna silaža	travna silaža	kozuzna silaža	krmna mešanica za govedo	krmna mešanica s Ca za perutnino
Kraj vz.:	Borovnica	Murska Sobota	Grosuplje	Ljubljana	Pivka
Zemlj. širina	45°54'48.9"	46°38'54.0"	45°57'01.0"	46° 03' 49.2"	45° 40' 12.0"
Zemlj. dolžina	14°22'05.4"	16°10'55.8"	14°39'54.3"	14° 32' 8.4"	14° 10' 32.4"
Datum vzor.	28.07.2018	5.08.2018	8.09.2018	8.06.2018	1.06.2018
Datum merj.	2.08.2018	16.08.2018	12.09.2018	18.06.2018	13.06.2018
Dat. mer. Sr-90	12.09.2018	12.09.2018	5.10.2018	27.08.2018	27.08.2018
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST( Bq / kg )				
U ( <sup>234</sup> Th)	6,3E+0 ± 7E-1	6,4E+0 ± 2E+0		1,2E+0 ± 4E-1	1,5E+1 ± 5E-1
<sup>226</sup> Ra*	3,7E+0 ± 2E-1	2,9E+0 ± 3E-1	8,9E-2 ± 9E-3	3,1E-1 ± 5E-2	3,3E-1 ± 5E-2
<sup>210</sup> Pb	3,8E+1 ± 3E+0	5,9E+1 ± 7E+0	3,4E+0 ± 3E-1	5,3E-1 ± 4E-1	
Th ( <sup>228</sup> Ra)	2,7E+0 ± 3E-1	3,8E+0 ± 7E-1		3,8E-01 ± 1E-1	8,5E-1 ± 1E-1
Th ( <sup>228</sup> Th)	1,8E+0 ± 3E-1	2,6E+0 ± 6E-1		2,5E-1 ± 1E-1	1,1E+0 ± 1E-1
Th ( <sup>224</sup> Ra)					
Th ( <sup>212</sup> Pb)	2,2E+0 ± 2E-1	2,8E+0 ± 4E-1	2,0E-2 ± 1E-2	1,4E-1 ± 6E-2	1,0E+0 ± 6E-2
<sup>235</sup> U	4,9E-1 ± 9E-2	4,8E-1 ± 2E-1		5,3E-2 ± 4E-2	8,8E-1 ± 6E-2
<sup>40</sup> K	5,4E+2 ± 3E+1	2,0E+3 ± 1E+2	2,3E+1 ± 1E+0	1,9E+2 ± 1E+1	3,2E+2 ± 2E+1
<sup>7</sup> Be	1,4E+2 ± 6E+0	6,2E+1 ± 4E+0	2,4E+1 ± 7E-1		
<sup>134</sup> Cs					
<sup>137</sup> Cs	2,9E+0 ± 2E-1	5,9E-1 ± 2E-1	7,5E-3 ± 1E-3	2,3E-1 ± 3E-2	< 2,4E-1
<sup>131</sup> I					
<sup>230</sup> Th					
<sup>234</sup> U					
<sup>90</sup> Sr	2,0E+0 ± 2E-1	1,5E+0 ± 2E-1	3,8E-1 ± 8E-2	1,4E-1 ± 4E-2	< 8,1E-2

Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja

\* Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

## A.11 Lesna kuriva

Tabela A.35 | Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih lesa in lesnih kuriv

Oznaka vzorca	RV0560318	RV0570318	RV4331118	RV4341118	
Vzorec	pel. smrekovi (1.kl.)	pel. borovi (1.kl.)	pel. listavcev (1.kl.)	pel. smrekovi (1.kl.)	
Kraj vzorčenja	Avstrija	Rusija	Srbija	Nemčija	
Datum vz.	16.03.2018	16.03.2018	19.11.2018	19.11.2018	
Datum mer.	28.03.2018	28.03.2018	28.11.2018	28.11.2018	
Kol. vzorca (kg)	1,22	1,78	0,63	0,93	Letno povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )					
U (Th-234)					
Ra-226	1,1E+0 ± 2,2E-2	1,5E-1 ± 1,2E-2	1,6E+0 ± 4,3E-2	1,0E+0 ± 3,0E-2	9,6E-1 ± 6,1E-1
Pb-210	4,1E-1 ± 4,8E-2	9,0E-1 ± 1,1E-1	1,2E+0 ± 2,3E-1	6,0E-1 ± 1,5E-1	7,9E-1 ± 3,8E-1
Th (Ra-228)	2,4E-1 ± 1,4E-2	1,1E-1 ± 3,0E-2	3,1E-1 ± 6,0E-2	2,1E-1 ± 4,4E-2	2,1E-1 ± 9,2E-2
Th-228	1,4E-1 ± 1,3E-2	1,2E-1 ± 2,4E-2	1,8E-1 ± 6,4E-2	1,9E-1 ± 4,2E-2	1,6E-1 ± 5,1E-2
K-40	1,3E+1 ± 7,2E-1	1,0E+1 ± 6,1E-1	2,4E+1 ± 1,4E+0	1,3E+1 ± 7,8E-1	1,5E+1 ± 5,9E+0
Be-7	1,0E-1 ± 2,2E-2				2,6E-2 ± 5,1E-2
Cs-134					
Cs-137	2,5E+0 ± 6,6E-2	4,9E-1 ± 1,9E-2	2,5E+0 ± 7,8E-2	2,1E+0 ± 6,0E-2	1,9E+0 ± 9,5E-1
I-131					

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost  
Specifična aktivnost je preračunana na datum vzorčenja.

Vzorč. mesto	Log pri Dragomeru	Hudinja (Vitanje)	Todraž	Vinica
Vrsta vzorca	Les - žaganje	Žagovina - les	žaganje - les	Les - žaganje
Datum vzor.	19. 3. 2018	6. 6. 2018	10. 5. 2018	8. 3. 2018
Kol. vzorca (kg)	0,128	0,074	0,11	0,09
Odstotek suhe snovi	87,30	75,70	96,90	63,10
Oznaka vzorca	RP18LES135831	RP18LES320561	RP18LES422451	RP18LES83431
SPECIFIČNA AKTIVNOST SUHE SNOVI (Bq/kg)				
IZOTOP				
U-238		5,3E+00 ± 6E+00 #	1,5E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00
Ra-226		3,2E+00 ± 3E+00 #	3,8E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00
Pb-210	5,7E+01 ± 6E+00	9,7E-01 ± 7E+00 #	2,3E+00 ± 9E-01	3,6E+00 ± 6E-01
Ra-228	1,1E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 1E+00		
Th-228	1,3E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 5E-01	6,9E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01
Th-230				
K-40	4,5E+01 ± 5E+00	1,8E+01 ± 5E+00	6,9E+00 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,1E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 2E-01	7,2E-01 ± 1E-01
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				



V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehrabne verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za okolje in prostor, smo izdelali oceno doz prebivalstva zaradi izpostavljenosti dolgoživim umetnim radionuklidom (naravni so izvzeti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspozicijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2018 za dojenčke  $9,0 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 11,0 \mu\text{Sv}$ , za otroke od 7 do 12 let  $7,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 8,0 \mu\text{Sv}$  in za odrasle  $6,1 \mu\text{Sv}$  oziroma  $< 6,8 \mu\text{Sv}$ . Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

